



EL 99,99 % DE LOS
ÁTOMOS DE
HIDRÓGENO
ES ESPACIO VACÍO

UNA CUCHARADITA
DE MATERIAL DE ESTRELLA DE
NEUTRONES
PESA 5000 TONELADAS



EL CESIO ES TAN
REACTIVO
QUE SE INFLAMA SOLO AL
CONTACTAR CON EL AIRE



CÓMO FUNCIONA LA CIENCIA

Guía gráfica de ciencia aplicada

LA DENSIDAD DE
SATURNO
ES TAN BAJA QUE EL
PLANETA FLOTARÍA
EN EL AGUA



LAS ESPONJAS
DE MAR PUEDEN
VIVIR MUCHO
TIEMPO: MÁS
DE 2000 AÑOS



TU CUERPO ESTÁ
COMPUESTO POR
30 BILLONES
DE CÉLULAS

CÓMO FUNCIONA LA CIENCIA



CÓMO FUNCIONA LA CIENCIA



Penguin
Random
House

Consultores editoriales

Robert Dinwiddie, Hilary Lamb, Profesor
Donald R. Franceschetti, Profesor Mark Viney

Edición del proyecto de arte

Francis Wong, Mik Gates, Clare Joyce,
Duncan Turner, Steve Woosnam-Savage

Diseño

Gregory McCarthy

Ilustración

Edwood Burn, Dominic Clifford,
Mark Clifton, Phil Gamble, Gus Scott

Edición ejecutiva de arte

Michael Duffy

Diseño de cubierta

Suhita Dharamjit

Diseño de cubierta sénior

Mark Cavanagh

Diseño sénior DTP

Harish Aggarwal

Coordinación editorial de cubiertas

Priyanka Sharma

Producción, preproducción

David Almond

Producción sénior

Alex Bell

Dirección de arte

Karen Self

De la edición española

Coordinación editorial

Elsa Vicente

Servicios editoriales

Tinta Simpàtica

Colaboradores

Derek Harvey, Tom Jackson, Ginny Smith,
Alison Sturgeon, John Woodward

Edición sénior

Peter Frances,
Rob Houston

Edición del proyecto

Lili Bryant, Martyn Page, Miezán van Zyl

Edición

Claire Gell, Nathan Joyce,
Francesco Piscitelli

Edición ejecutiva

Angeles Gavira Guerrero

Edición de cubierta

Claire Gell

Dirección de desarrollo

del diseño de cubierta

Sophia MTT

Edición ejecutiva de cubierta

Saloni Singh

Producción

Anna Vallarino

Dirección editorial

Liz Wheeler

Dirección general editorial

Jonathan Metcalf

Asistencia editorial y producción

Lisa De Jesus

Traducción

Ismael Belda y Rubén Giró i Anglada

Publicado originalmente en Gran Bretaña en 2018

por Dorling Kindersley Ltd

DK, One Embassy Gardens, 8 Viaduct Gardens, London, SW11 7BW

Parte de Penguin Random House

Copyright © 2018 Dorling Kindersley Limited

© Traducción española: 2019 Dorling Kindersley Ltd

Título original: *How Science Works*

Primera edición: 2019

Reservados todos los derechos.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier
forma de reproducción, distribución, comunicación pública
y transformación de esta obra sin la autorización escrita
de los titulares de la propiedad intelectual.

ISBN: 978-0-2414-1434-7

Impreso en China

Para mentes curiosas

www.dkespañol.com

S
O
D

N
E
T
C
O
N
T
E
N
T
O

LA MATERIA

¿Qué es la materia?	12	Reacciones y energía	44
Sólidos	14	Metales	46
Líquidos	16	Hidrógeno	48
Gases	18	Carbono	50
Estados extraños	20	Aire	52
Transformar la materia	22	Arder y explotar	54
En un átomo	24	Agua	56
El mundo subatómico	26	Ácidos y bases	58
Ondas y partículas	28	Cristales	60
El mundo cuántico	30	Soluciones y disolventes	62
Aceleradores de partículas	32	Catalizadores	64
Los elementos	34	Productos químicos	66
Radiactividad	36	Plásticos	68
Mezclas y compuestos	38	Vidrio y cerámica	70
Moléculas e iones	40	Materiales asombrosos	72
Reacciones	42		

ENERGÍA Y FUERZAS

¿Qué es la energía?	76	El sonido	114
Electricidad estática	78	El calor	116
Corrientes eléctricas	80	Transferir calor	118
Fuerzas magnéticas	82	Fuerzas	120
Generar electricidad	84	Velocidad y aceleración	122
Energías alternativas	86	Máquinas	124
La electrónica	88	Fricción y rozamiento	126
Microchips	90	Resortes y péndulos	128
Cómo funciona un ordenador	92	Presión	130
Realidad virtual	94	El vuelo	132
Nanotecnología	96	Cómo funciona la flotabilidad	134
Robots y automatización	98	El vacío	136
Inteligencia artificial	100	La gravedad	138
Ondas	102	Relatividad especial	140
De la radio a los rayos gamma	104	Relatividad general	142
El color	106	Ondas gravitatorias	144
Espejos y lentes	108	Teoría de cuerdas	146
Cómo funciona un láser	110		
Usar la óptica	112		

LA VIDA

¿Qué es la vida?	150
Tipos de seres vivos	152
Virus	154
Células	156
¿Qué son los genes?	158
Reproducción	160
Transmisión genética	162
¿Cómo surgió la vida?	164
¿Cómo se evoluciona?	166
Las plantas nutren el mundo	168
Cómo crecen las plantas	170
Respiración	172
El ciclo del carbono	174
Envejecimiento	176
Genomas	178
Ingeniería genética	180
Terapia genética	182
Células madre	184
Clonación	186

EL ESPACIO

Estrellas	190	Materia y energía oscuras	206
El Sol	192	Cómo acaba todo	208
El sistema solar	194	Observar el universo	210
Basura espacial	196	¿Estamos solos?	212
Agujeros negros	198	Vuelo espacial	214
Galaxias	200	Vida en el espacio	216
El Big Bang	202	Viajar a otros mundos	218
¿Qué tamaño tiene el universo?	204		

LA TIERRA

Cómo es la Tierra	222
Tectónica de placas	224
Terremotos	226
Volcanes	228
Ciclo de las rocas	230
Océanos	232
Atmósfera terrestre	234
La meteorología	236
Meteorología extrema	238
El clima y las estaciones	240
El ciclo del agua	242
El efecto invernadero	244
Cambio climático	246
ÍNDICE	248
AGRADECIMIENTOS	256

¿Por qué la ciencia es especial?

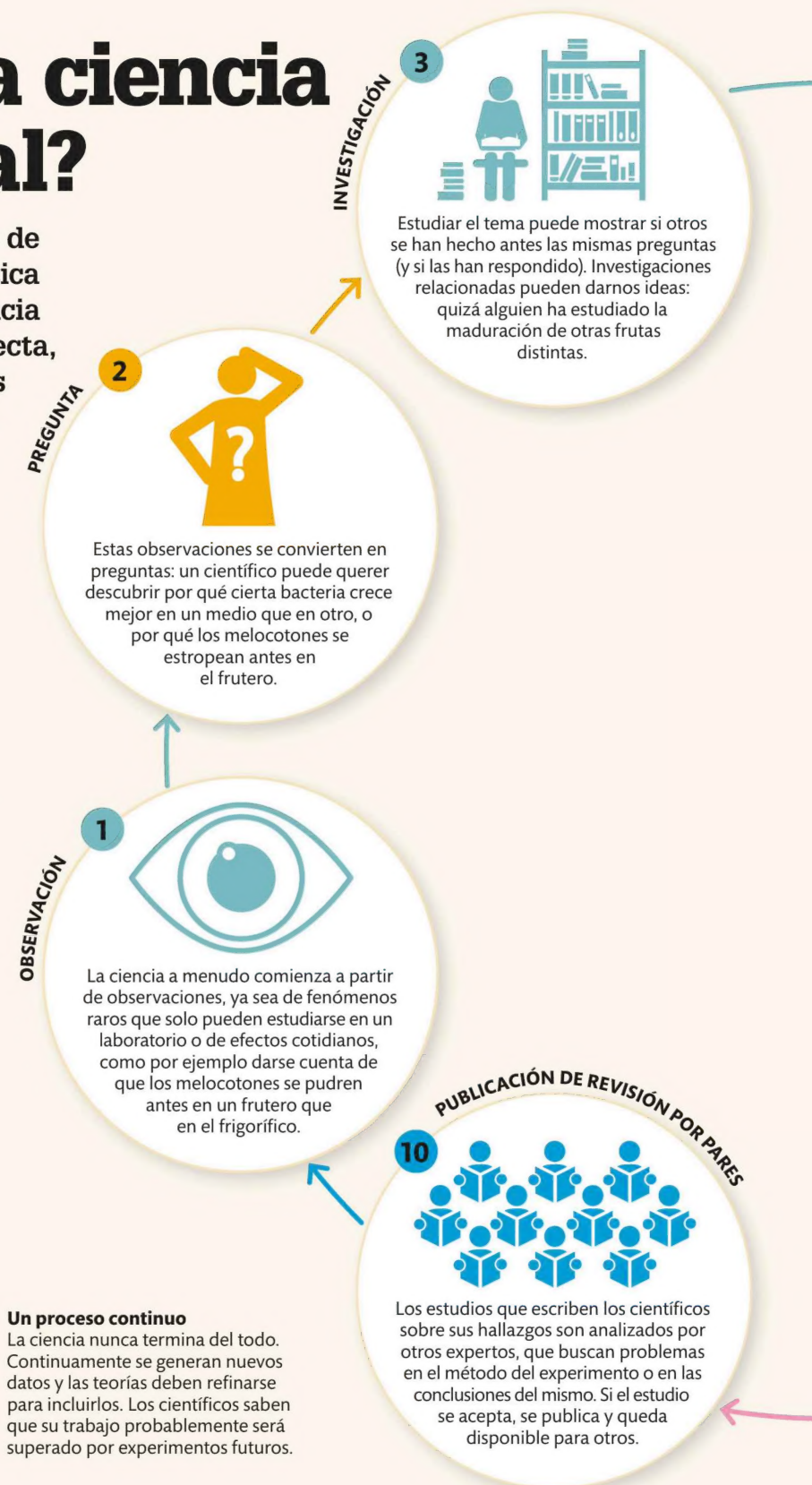
La ciencia no es solo una serie de hechos, es una forma sistemática de pensar basada en la evidencia y la lógica. Aunque no es perfecta, es la mejor forma que tenemos de entender nuestro universo.

¿Qué es la ciencia?

La ciencia es una forma de investigar y comprender el mundo natural y social, y de aplicar la información así obtenida. Actualiza continuamente su información y cambia nuestra comprensión del mundo. Se basa en evidencias medibles y debe seguir pasos lógicos para generalizar esa evidencia y usarla en otras predicciones. La misma palabra *ciencia* también se emplea para designar el corpus de conocimiento que hemos acumulado mediante este proceso.

El método científico

El método científico varía según la disciplina, pero por lo común consiste en generar una hipótesis, ponerla a prueba, usar los datos obtenidos para actualizar y refinar esa hipótesis y, en el mejor de los casos, formular una teoría general que explique por qué la hipótesis es válida. Para que los datos sean fiables, es importante repetir los experimentos, preferiblemente en laboratorios diferentes. Si la segunda vez los resultados difieren, quizá el resultado no es tan fiable ni susceptible de generalización como se había pensado en un principio.



4

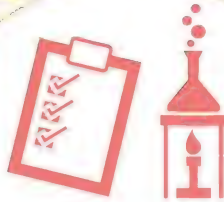
FORMULAR HIPÓTESIS



El siguiente paso es crear una hipótesis comprobable: una predicción sobre qué es lo que causa el fenómeno. Una hipótesis podría ser: «La temperatura más fría de la nevera evita que se pudran los melocotones».

PREDICCIONES COMPROBABLES

5



Las predicciones deben partir de forma lógica de una hipótesis, ser específicas y comprobables experimentalmente. Por ejemplo: «Si la temperatura afecta a la maduración, un melocotón a 22°C se pudrirá antes que otro a 8°C».

TÉRMINOS IMPORTANTES

HIPÓTESIS

Una hipótesis es una explicación potencial de un fenómeno basada en nuestro conocimiento actual. Para ser científica, ha de ser falsable.

TEORÍA

Las teorías son modos de explicar hechos conocidos. Se desarrollan a partir de diversas hipótesis relacionadas y están corroboradas por la evidencia.

LEY

Una ley no explica, solo describe algo que se ha comprobado cada vez que se ha testado.

REFINAR, ALTERAR O RECHAZAR

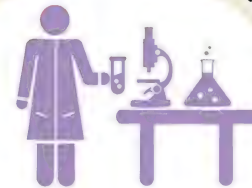
9



Si el resultado inicial del experimento no concuerda del todo con las predicciones, quizá se puede encontrar algún indicativo de por qué ocurre eso y comenzar de nuevo el proceso refinando la hipótesis, alterándola o bien rechazándola y formulando una nueva.

RECOGER DATOS EXPERIMENTALES

6



Se recogen datos para ver si estos se corresponden con la hipótesis. Los experimentos deben diseñarse con cuidado para asegurarse de que no existe una explicación del resultado distinta de la que nos interesa.

ANALIZAR LOS DATOS

7



Los hallazgos de un experimento deben analizarse estadísticamente para comprobar que no son el resultado de fluctuaciones casuales. Para estar más seguros, los experimentos deben valerse de una muestra lo más grande posible.

¿ESTÁ CORROBORADA LA HIPÓTESIS?

8



Si los resultados concuerdan con las predicciones, crece la confianza en la hipótesis. Nunca se puede probar una hipótesis, pues experimentos futuros pueden refutarla, pero cuanto mayor sea la corroboración experimental, más fiable será esta.

HIPÓTESIS: CARACTERÍSTICAS

ALCANCE

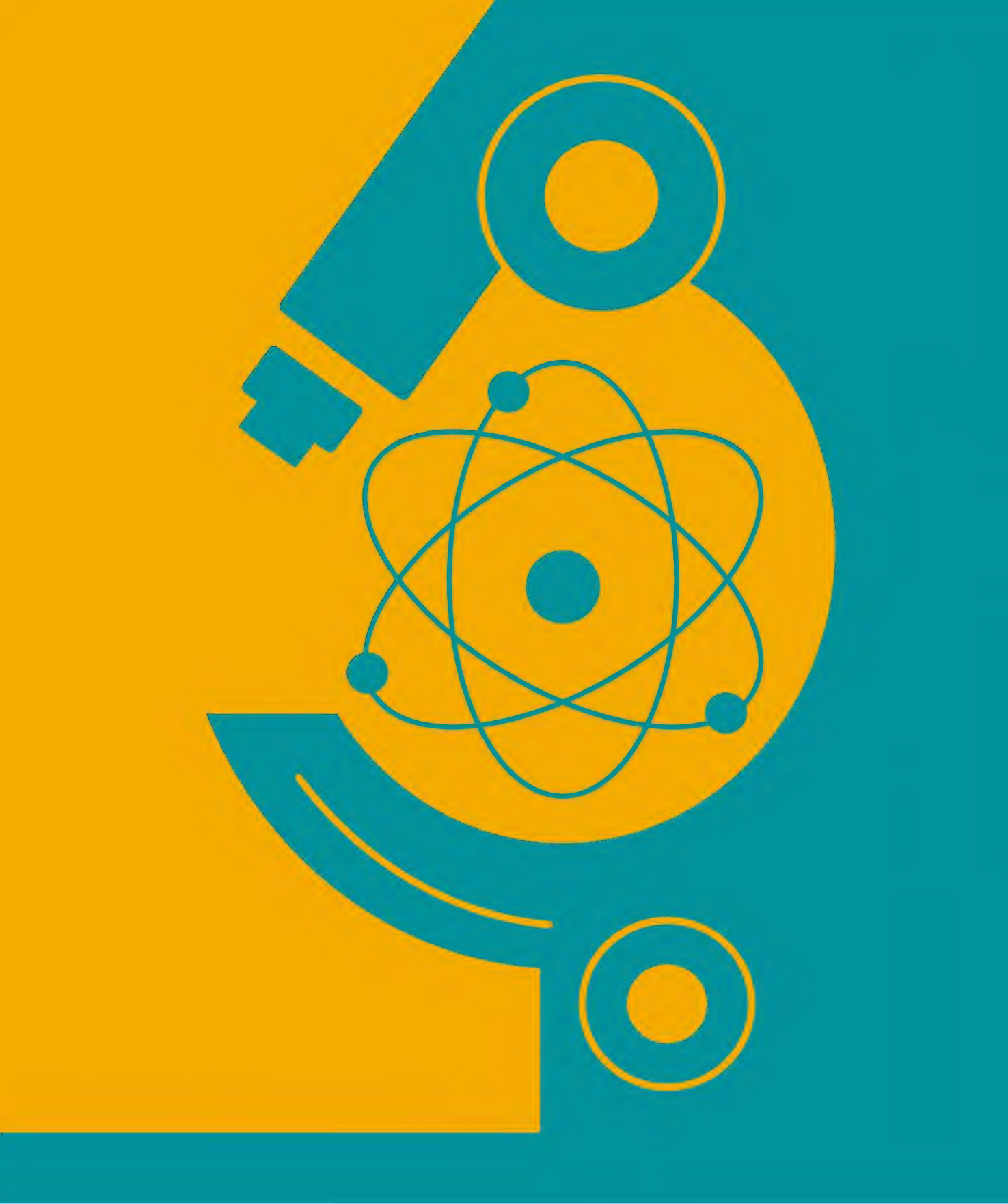
Las hipótesis de amplio alcance explican diversos fenómenos; las de alcance reducido explican solo un ejemplo específico.

COMPROBABLE

Debe poderse comprobar una hipótesis. A no ser que pueda ser corroborada por la evidencia, hay que rechazarla.

FALSABLE

Debe poderse probar que una hipótesis es errónea. «Los fantasmas existen» no es científico, pues ningún experimento puede falsarlo.



LA MATERIA

¿Qué es la materia?

En general, materia es todo aquello que ocupa espacio y tiene masa. Eso significa que es diferente de la energía, la luz o el sonido, que no cumplen ninguna de esas dos propiedades.

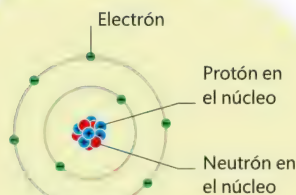
La estructura de la materia

En su nivel más fundamental, la materia está compuesta de partículas elementales, como quarks y electrones. Las combinaciones de partículas elementales forman átomos, que a veces se unen unos con otros en moléculas. Los tipos de átomos que componen la materia determinan sus propiedades. Si los átomos o moléculas forman enlaces fuertes unos con otros, el material es sólido a temperatura ambiente. Los enlaces más débiles forman líquidos o gases.



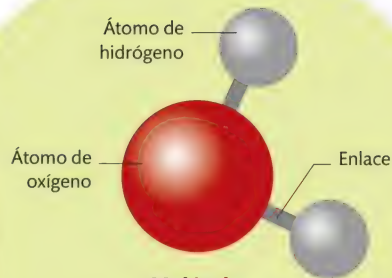
Partículas elementales

Los protones y neutrones de los átomos están compuestos por unas partículas elementales conocidas como quarks. Los gluones mantienen unidos los quarks en el núcleo. Toda la materia conocida está hecha solo de electrones, quarks y gluones.



Átomo

Los núcleos de los átomos se componen de protones y neutrones y tienen electrones que orbitan a su alrededor. Los átomos de diferentes elementos tienen un número distinto de protones en el núcleo.

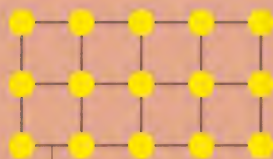


Molécula

Las moléculas pueden estar hechas de átomos diferentes -como el agua, que consiste en dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno-, o de átomos idénticos -como una molécula de oxígeno, que consta de dos átomos de oxígeno.

Estados de la materia

Los principales estados de la materia son el sólido, el líquido y el gaseoso. En frío o calor extremos se producen otros estados menos habituales. La materia puede cambiar de un estado a otro dependiendo de cuánta energía tenga y de los enlaces entre los átomos o las moléculas que la constituyen. Por ejemplo, el aluminio posee un punto de fusión más bajo que el cobre porque los enlaces entre sus átomos son más débiles.



Los enlaces fuertes sujetan las partículas

Sólido

Los átomos o las moléculas de los sólidos están sujetas en una rígida estructura con fuertes enlaces. Las partículas no pueden moverse, por eso los sólidos son duros y mantienen su forma.



Los enlaces débiles permiten que las partículas se muevan

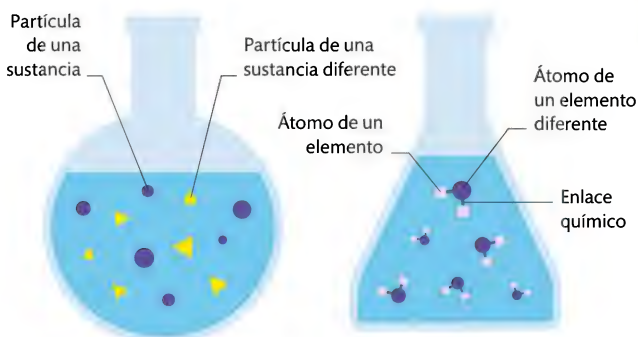
Líquido

Los átomos o las moléculas de los líquidos tienen enlaces débiles, por lo que pueden moverse. Eso significa que los líquidos pueden fluir pero, como las partículas están muy juntas, no pueden comprimirse.



Mezclas y compuestos

Los átomos se combinan en una enorme variedad de formas para formar distintos tipos de materia. Cuando se unen químicamente, forman compuestos, como por ejemplo el agua, un compuesto de oxígeno e hidrógeno. Sin embargo, hay átomos y moléculas que no forman enlaces fácilmente, por lo que al combinarse con otros no cambian químicamente: eso recibe el nombre de mezcla. Ejemplos de mezclas son la arena, la sal o el aire, que es una mezcla de gases.



Mezcla

En las mezclas, las sustancias originales no cambian, por lo que pueden separarse físicamente, colándolas, filtrándolas o destilándolas.

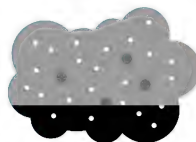
Compuesto

Cuando los átomos o las moléculas reaccionan, forman un nuevo compuesto. Ya no pueden volver a su forma física original, y para separarlos haría falta romper sus enlaces químicos.



Gas

Entre los átomos o moléculas de un gas no hay enlaces, así que pueden extenderse y llenar cualquier recipiente. Además, las partículas están alejadas entre sí, por eso un gas puede comprimirse, aunque hacerlo aumenta su presión.



CASI EL 99 % DE LA MATERIA DEL UNIVERSO SE HALLA EN FORMA DE PLASMA

LA CONSERVACIÓN DE LA MASA

En las reacciones químicas o cambios físicos ordinarios (como al arder una vela), la masa de los productos es igual a la masa de los reactivos. No se pierde ni se gana materia. No obstante, esta «ley» se rompe en condiciones extremas, como en las reacciones nucleares de fusión (ver p. 37), en las que la masa se transforma en energía.



ESTADOS A ALTA Y BAJA TEMPERATURA

A temperaturas muy altas, los átomos de gas se dividen en iones (ver p. 40) y electrones, convirtiéndose así en plasma, que conduce la electricidad. A temperaturas muy bajas, pueden formarse condensados de Bose-Einstein (ver p. 22), cambiando radicalmente las propiedades de la materia. En ese estado, los átomos empiezan a actuar de forma extraña, como si fueran uno solo.

CONDENSADO
DE BOSE-EINSTEIN

PLASMA

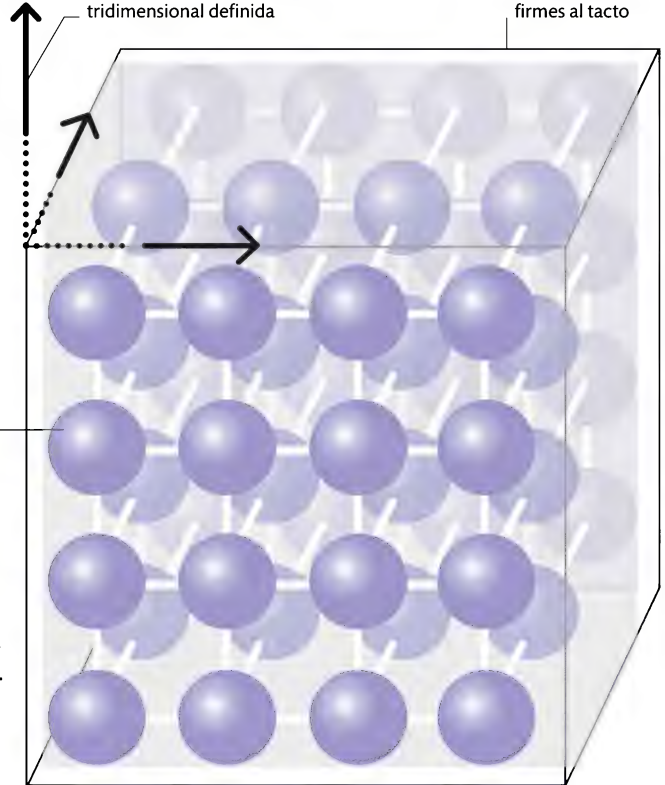
Sólidos

Un sólido es la forma más ordenada de la materia. Todos los átomos o moléculas de un sólido están interconectados para formar un objeto con una forma y un volumen fijos (aunque se pueda alterar la forma aplicando fuerza). Sin embargo, los sólidos abarcan un grupo diverso de materiales con propiedades que pueden variar en gran medida según el sólido.

Los átomos o las moléculas pueden vibrar en su lugar pero no se pueden mover libremente

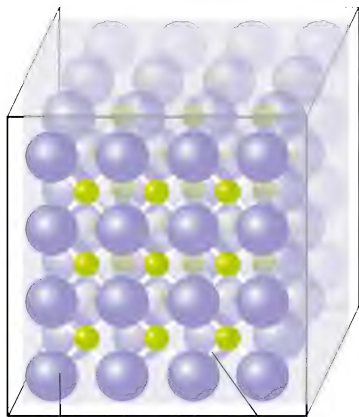
Los sólidos tienen una forma tridimensional definida

La mayoría de los sólidos son firmes al tacto



¿Qué es un sólido?

Los sólidos son firmes al tacto y tienen forma definida; no adoptan la forma de su recipiente, como los líquidos y los gases. Los átomos de los sólidos están muy apretados, por lo que no pueden comprimirse en un volumen menor. Algunos sólidos, como las esponjas, pueden aplastarse, pero eso es porque al hacerlo sale aire de los huecos del material: el sólido en sí mismo no cambia de tamaño.



Organización regular de átomos o moléculas

Enlaces fuertes entre átomos o moléculas



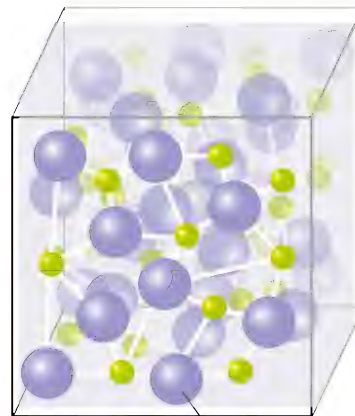
SAL



AZÚCAR



ARENA



Organización aleatoria de átomos o moléculas



VIDRIO



GOMA



MANTEQUILLA

Sólidos cristalinos

Los átomos o las moléculas de los sólidos cristalinos están dispuestos en una estructura regular. Algunas sustancias, como el diamante (una forma cristalina del carbono), producen un solo cristal grande. Con todo, la mayoría están compuestos de multitud de cristales más pequeños.

Sólidos amorfos

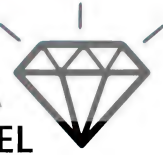
A diferencia de lo que ocurre con los sólidos cristalinos, los átomos o moléculas de que están compuestos los sólidos amorfos no están dispuestos en una estructura regular. Por el contrario, están organizados como los de un líquido, aunque son incapaces de moverse.



Propiedades de los sólidos

Los sólidos poseen una amplia variedad de propiedades; por ejemplo, pueden ser fuertes o débiles, duros o relativamente blandos, regresar a su forma original tras ser sometidos a presión o bien quedar deformados permanentemente. Las propiedades de un material sólido dependen de los átomos y las moléculas que lo componen, de que sea cristalino o amorfo y de que haya o no defectos en el material.

LA LONSDALEÍTA, UNA RARA FORMA DE DIAMANTE, ES EL SÓLIDO MÁS DURO CONOCIDO, CASI UN 60% MÁS QUE LOS DIAMANTES NORMALES



Frágil

Los sólidos frágiles pueden quebrarse bajo tensión sin llegar a cambiar mucho de forma. Las grietas atraviesan fácilmente estos materiales porque los átomos no pueden moverse para absorber la tensión. Si un material puede deformarse, será menos frágil pero también menos duro.

Dirección de la fuerza

Los átomos no pueden moverse para absorber la tensión

SE QUIEBRA

Las grietas avanzan por el material y hacen que se rompa

Dirección de la fuerza

Dúctil

Los materiales dúctiles cambian de forma al estirarlos, por lo que se pueden alargar en forma de cables. Este tipo de deformación, en la que un material cambia de una manera permanentemente, se conoce como deformación plástica. Muchos metales son dúctiles, pues los enlaces de sus átomos permiten que estos se deslicen unos sobre otros.

Dirección de la fuerza

SE ESTIRA

Los átomos son capaces de reorganizarse cuando se aplica tensión

Los átomos se deslizan unos sobre otros, permitiendo que el material se estire

Maleable

Los sólidos maleables se deforman plásticamente al comprimirlos. Por ello se pueden aplastar en láminas mediante rodillos o martillándolos. Muchos materiales maleables son también dúctiles, aunque las dos propiedades no siempre van unidas: por ejemplo, el plomo es altamente maleable pero tiene baja ductilidad.

Dirección de la fuerza

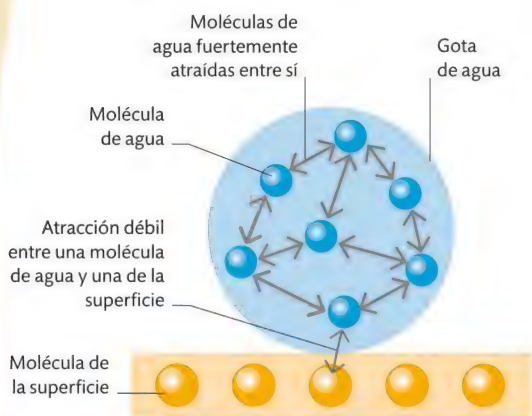
RODILLO

Los átomos pueden moverse cuando son comprimidos

El material se ha comprimido a causa de la reorganización de sus átomos

Mojabilidad

La mojabilidad es el grado en que un líquido mantiene contacto con una superficie sólida. El que un líquido moje una superficie depende de las fuerzas de atracción del líquido en relación con la atracción entre el líquido y la superficie.

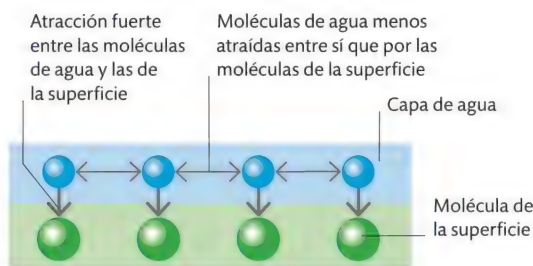


No mojabilidad

En las superficies impermeables, el agua forma gotas porque las moléculas de agua están menos atraídas por las moléculas de la superficie que entre sí mismas.

¿CUÁL ES EL LÍQUIDO MÁS VISCOSO?

El asfalto, que se usa para hacer carreteras, es el líquido más viscoso conocido. Es unos 20 000 millones de veces más viscoso que el agua a la misma temperatura.



Mojado

El agua moja una superficie -formando una capa sobre ella- cuando las moléculas de agua están más atraídas por las moléculas de la superficie que por otras moléculas de agua.

Líquidos

En los líquidos, los átomos o moléculas están muy juntos. Los enlaces son más fuertes que en los gases pero más débiles que en los sólidos, lo que permite que las partículas se muevan libremente.

Flujo libre

Los líquidos fluyen y adoptan la forma de su recipiente. Sus átomos o moléculas están muy unidos, lo que implica que no se pueden comprimir. La densidad de los líquidos es mayor que la de los gases y suele ser similar o ligeramente inferior a la de los sólidos, excepto en el caso del agua (ver pp. 56-57).

Las partículas, juntas, se mueven libremente

Moléculas de líquidos

A diferencia de los sólidos, los átomos o moléculas de los líquidos están dispuestos de manera aleatoria. Los enlaces son débiles y continuamente se rompen y reconstituyen al moverse las partículas unas junto a otras.



La viscosidad se mide en unidades llamadas centipoises. El agua posee una viscosidad de 1 centipoise a 21 °C

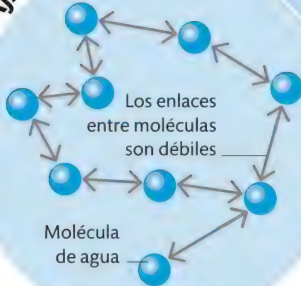


El aceite de oliva tiene una viscosidad de unos 85 centipoises a 21 °C



La miel tiene una viscosidad de unos 10000 centipoises a 21 °C

BAJA VISCOSIDAD



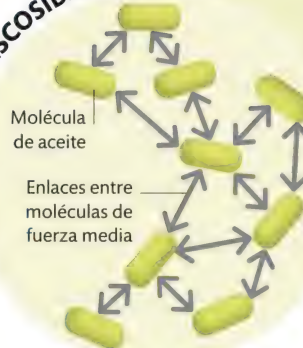
Los líquidos fluyen

Los líquidos con baja viscosidad, como el agua, fluyen fácilmente porque los enlaces entre sus moléculas son débiles. Por contra, la miel fluye con mucha menos facilidad a la misma temperatura debido a la fuerza de sus enlaces intermoleculares.

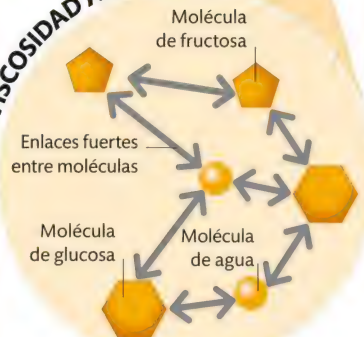
Viscosidad

La viscosidad es la medida de la facilidad con que fluye un líquido. Un líquido con baja viscosidad fluye con facilidad y se lo suele calificar de «diluido», mientras que un líquido «espeso», altamente viscoso, fluye con menor facilidad. La viscosidad está determinada por los enlaces entre las moléculas: cuanto más fuertes sean los enlaces, más viscoso será el líquido. Incrementar la temperatura de un líquido disminuye su viscosidad, pues las moléculas tienen más energía para vencer los enlaces intermoleculares.

VISCOSIDAD MEDIA

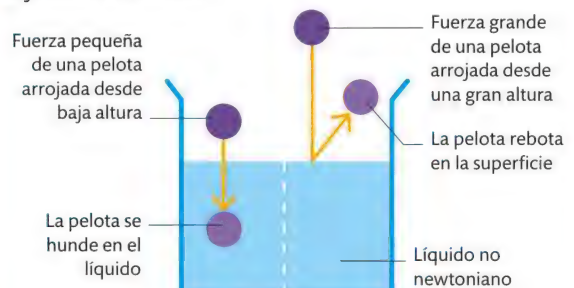


VISCOSIDAD ALTA



LÍQUIDOS NO NEWTONIANOS

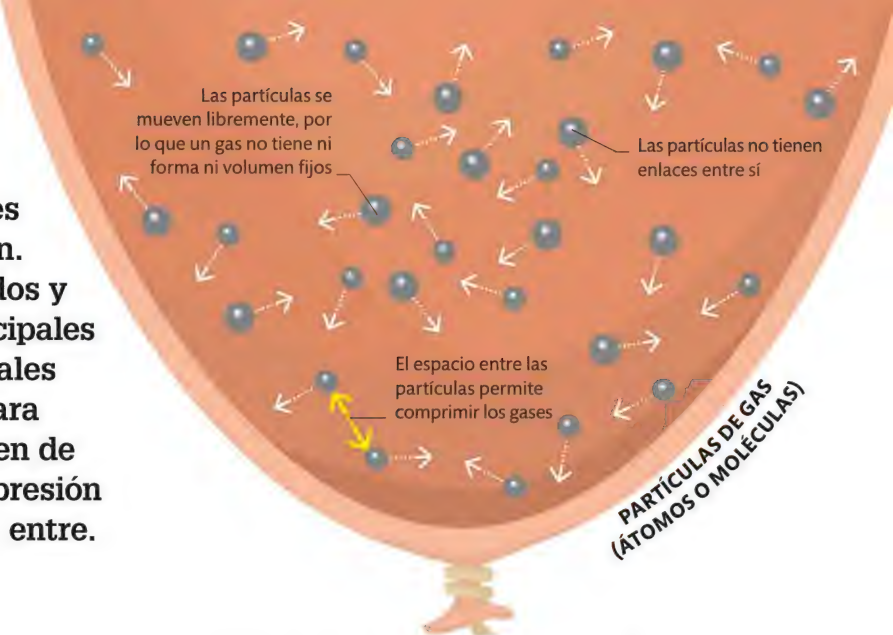
A diferencia de los líquidos newtonianos, como el agua, la viscosidad de los fluidos no newtonianos varía según la fuerza que se aplique. Por ejemplo, una mezcla de harina de maíz y agua se hace más consistente al aplicársele una gran fuerza, y por eso una pelota arrojada desde una gran altura rebota en la superficie, mientras que otra arrojada desde baja altura se hunde.



LÍQUIDO NO NEWTONIANO

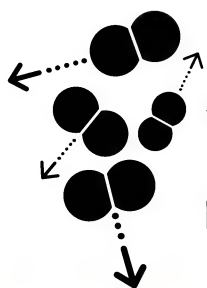
Gases

Los gases están por todas partes y no solemos prestarles atención. Sin embargo, junto con los sólidos y los líquidos, son uno de los principales estados de la materia, y son vitales para la vida en la Tierra. Así, para respirar, aumentamos el volumen de los pulmones, lo que reduce la presión en su interior y hace que el aire entre.



¿Qué es un gas?

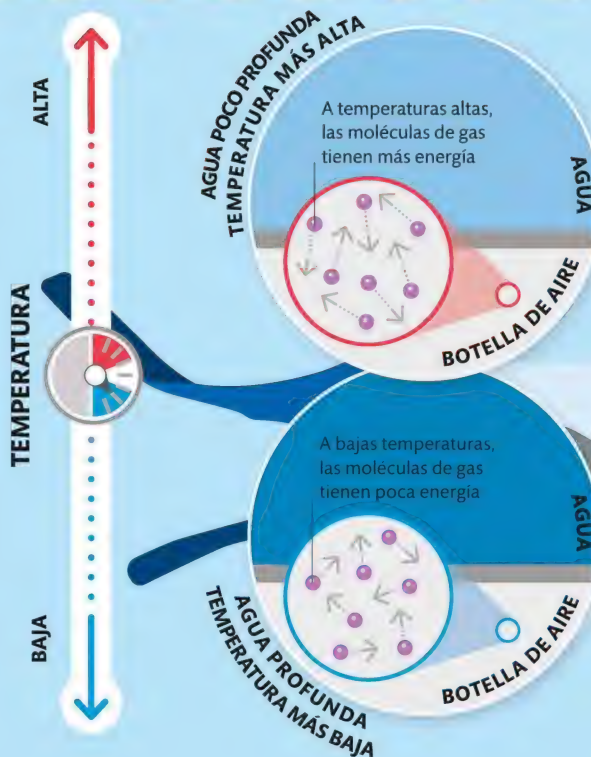
Los gases están compuestos de átomos individuales, de moléculas o de dos o más átomos. Estas partículas tienen mucha energía y se mueven deprisa, llenando su recipiente y adoptando su forma. Hay mucho espacio entre las partículas, por eso pueden comprimirse.



1700 km/h:
VELOCIDAD A LA QUE SE MUEVEN LAS MOLÉCULAS DE OXÍGENO A TEMPERATURA AMBIENTE

Cómo se comportan

El comportamiento de un gas se describe mediante tres leyes. Estas relacionan el volumen, la presión y la temperatura de un gas y muestran cómo estos parámetros cambian cuando lo hacen los demás. Estas leyes asumen el comportamiento de un gas «ideal» en el que no hay interacciones entre las partículas individuales de gas y estas se mueven de forma aleatoria y sin ocupar espacio. A pesar de que ningún gas posee esas características, estas leyes describen el comportamiento de la mayoría de los gases a temperatura y presión normales.



Temperatura y presión

Si el volumen de un gas es constante –en un recipiente rígido, como por ejemplo una botella de buceo–, al subir la temperatura aumenta la presión. Esto es porque las moléculas se mueven más deprisa a altas temperaturas, impactan contra el interior del recipiente más a menudo y con mayor energía y, por tanto, hacen que la presión aumente.

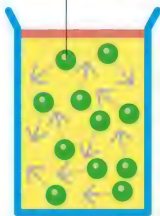
BOTELLA DE AIRE



LEY DE AVOGADRO

La ley de Avogadro determina que, a presión y temperatura iguales, el mismo volumen de cualquier gas contiene el mismo número de moléculas. Por ejemplo, aunque las moléculas de gas de cloro tienen más o menos el doble de masa que las de oxígeno, en recipientes del mismo tamaño y a la misma temperatura y presión hay el mismo número de ambas.

Las moléculas de cloro pesan más o menos el doble que las de oxígeno



GAS DE CLORO

Las dos botellas son del mismo volumen, así que contienen igual número de moléculas de gas



GAS DE OXÍGENO

Temperatura y volumen

Si el volumen de un gas no está restringido (a diferencia de lo que ocurre en un recipiente rígido, por ejemplo), el gas se expande a medida que se calienta y sus moléculas adquieren más energía. Cuanto más alta sea la temperatura del gas, mayor será su volumen. Por ejemplo, si el aire de una barca hinchable se calienta por el sol, se expandirá e hinchará más el bote.

ALTA TEMPERATURA

El aire de la barca se calienta, lo que hace que este se expanda

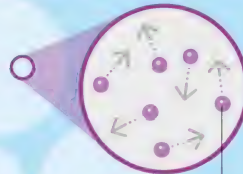
BAJA TEMPERATURA

El aire de la barca hinchable está frío, por lo que ocupa menos espacio

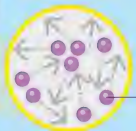
BARCA HINCHABLE

Presión y volumen

Si la temperatura de un gas permanece constante, incrementar la presión del gas reduce su volumen. Por el contrario, reducir la presión de un gas hace que aumente su volumen. Por eso las burbujas se expanden al ascender hacia la superficie de un líquido.



A una presión baja, el gas se expande y hace crecer la burbuja



A presiones más altas, las moléculas de gas se aprietan unas con otras en un volumen más pequeño

BAJA

PRESIÓN

ALTA

¿POR QUÉ NO VEMOS EL AIRE?

Algo es visible solo si afecta a la luz, por ejemplo al reflejarla. El aire afecta a la luz solo de forma leve, así que suele ser invisible. Sin embargo, grandes cantidades de aire dispersan luz azul de forma perceptible, por eso el cielo es azul.



Estados extraños

Sólidos, líquidos y gases son los estados más habituales de la materia, pero no son los únicos. Los gases supercalentados pueden convertirse en plasmas, cuyas partículas, cargadas de alta energía, conducen la electricidad. A temperaturas muy bajas, algunas sustancias se convierten en superconductores o superfluidos y adquieren extrañas propiedades, como resistencia eléctrica cero o viscosidad cero.

Dónde encontrar plasma

El plasma abunda en el Sol. El plasma natural es raro en la Tierra, aunque ocurre en los rayos y en las auroras boreales. Se puede crear plasma de forma artificial haciendo pasar electricidad a través de un gas, como ocurre en la soldadura por arco eléctrico y en las luces de neón, por ejemplo.



Estrellas

En las estrellas, como el Sol, la temperatura es tan alta que el hidrógeno y el helio de su masa se ionizan y se convierten en plasma.



Aurora boreal

Cuando plasma del Sol llega a la Tierra, interactúa con la atmósfera y crea espectáculos de luz en las regiones polares.



Rayos

Los relámpagos son líneas visibles de plasma que deja el paso de una corriente eléctrica desde una nube de tormenta hasta el suelo.



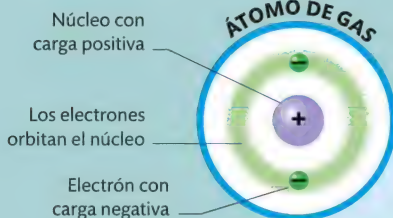
Luces de neón

La electricidad calienta el neón de la lámpara y lo transforma en plasma. Este, excitado por la electricidad, emite luz.



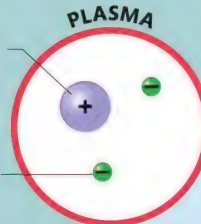
Soldadura por arco de plasma

Se usa electricidad para crear un chorro de plasma, que puede alcanzar unos 28.000 °C, suficientes para fundir el metal.



ÁTOMO DE GAS

El núcleo solo se convierte en un ion de carga positiva



Plasma

A temperatura y presión normales, los gases existen en forma de átomos (compuestos de un núcleo de protones y neutrones orbitado por electrones) o de moléculas. Los plasmas se crean al dividir los átomos o las moléculas en electrones de carga negativa y núcleos de carga positiva o iones (ver p. 40). Esto se logra calentando un gas hasta que alcanza una temperatura muy alta o haciendo que lo atraviese una corriente eléctrica.



1

Gas a temperatura ambiente

En un gas a temperatura ambiente normal, hay electrones de carga negativa que orbitan en torno al núcleo de cada átomo y equilibran la carga positiva de los protones. A consecuencia de ello, los átomos tienen carga neutra.



2

Plasma cargado

En el plasma, los electrones se han separado de los átomos, y hay solo electrones de carga negativa y núcleos de carga positiva (iones). Electrones e iones se mueven libres, por eso el plasma es conductor de electricidad.



Superconductores y superfluidos

A temperaturas inferiores a 130 K (-143 °C), algunos materiales se convierten en superconductores: permiten que la electricidad los atraviese sin ofrecer resistencia. A temperaturas más bajas aún, el isótopo (ver p. 34) más común de helio, el helio-4, se convierte en un superfluido. Su viscosidad desciende a cero y fluye sin resistencia. A temperaturas cercanas al cero absoluto (0 K/-273,15 °C), algunas sustancias forman un extraño estado que se conoce como condensado de Bose-Einstein (ver p. 22). Cada átomo de una sustancia suele comportarse de manera independiente, pero en un condensado Bose-Einstein todos los átomos actúan como un solo átomo gigante.



1 Helio líquido

A presión atmosférica normal, el helio-4 se hace líquido a 4 K (-269 °C). A esa temperatura, se comporta como cualquier otro líquido: fluye hasta llenar un recipiente y se queda en el recipiente.

2 Helio líquido superfluido

A unos 2 K (-271 °C), el helio-4 se convierte en un superfluido. Muestra comportamientos extraños, como fluir por poros microscópicos de los objetos sólidos y trepar por las paredes de su recipiente.

Usos de los superconductores

Los superconductores se usan para fabricar electroimanes muy potentes, que tienen aplicaciones como los aparatos de imagen por resonancia magnética (IRM), los trenes de levitación magnética y los aceleradores de partículas, que se usan para investigar la estructura de la materia.



Escáner IRM

En los escáneres IRM se usan superconductores para producir imágenes detalladas de los tejidos, como el cerebro.



Aceleradores de partículas

Algunos aceleradores de partículas usan potentes imanes superconductores para guiar a las partículas.



Bomba electromagnética

Los superconductores se usan en las bombas electromagnéticas para producir una pulsación electromagnética que inutiliza los aparatos electrónicos.



Trenes de levitación magnética

En los trenes de levitación magnética de alta velocidad imanes superconductores los hacen levitar y los propulsan hacia delante.

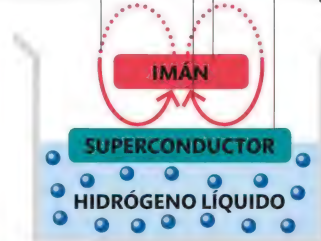


SI REMOVIÉRAMOS EL
HELIO SUPERFLUIDO, ESTE
GIRARÍA PARA SIEMPRE

EFFECTO MEISSNER

Los superconductores no permiten pasar a través de ellos ningún campo magnético, sino que los repelen, en un fenómeno que se conoce como efecto Meissner. Si se pone un imán sobre un material superconductor enfriado a su temperatura crítica (aquella a la que se convierte en superconductor), este repele el imán y hace que levite.

Campo magnético repelido por un superconductor Dirección del campo El imán levita Superconductor enfriado con nitrógeno líquido




Transformar la materia

Sólido, líquido, gas y plasma son los estados más conocidos de la materia, pero hay otro estado extraño conocido como condensado de Bose-Einstein. Transformar la materia de un estado a otro conlleva añadir o sustraer energía.

Obtener energía

Cuando una sustancia obtiene energía, sus partículas (átomos o moléculas) pueden vibrar y moverse más libremente. Si se añade la suficiente energía, los enlaces entre las partículas en sólidos y líquidos pueden romperse, cambiando así el estado de la sustancia. En un gas, la energía puede separar los electrones de las partículas y formar plasma.

 **0,01 °C ES EL PUNTO TRIPLE DEL AGUA, AQUELLA TEMPERATURA A LA CUAL PUEDE SER SÓLIDA, LÍQUIDA Y GASEOSA AL MISMO TIEMPO**

CONDENSADO BOSE-EINSTEIN

Un extraño estado de la materia en el que los átomos tienen tan poca energía que actúan como si todos ellos estuvieran en todas partes a la vez, como un solo átomo. La mayoría de las sustancias no pueden formar condensados Bose-Einstein.

SÓLIDO

En un sólido, los átomos o las moléculas están firmemente unidas en una forma rígida.

FUSIÓN

A medida que aumenta la energía de una sustancia sólida, los enlaces que sujetan las partículas vibran más. Finalmente, estos se rompen y la sustancia se vuelve líquida. Sus partículas todavía se atraen unas a otras, pero ahora pueden moverse más libremente.

SUBLIMACIÓN

Algunos sólidos, como el dióxido de carbono congelado («hielo seco»), pasan de la fase sólida a la gaseosa directamente. Toda sustancia puede sublimarse en las condiciones adecuadas de temperatura y presión, pero es algo relativamente raro en condiciones normales.

LÍQUIDO

En un líquido, los átomos o moléculas están unidos de forma menos rígida que en un sólido y, en consecuencia, pueden fluir.

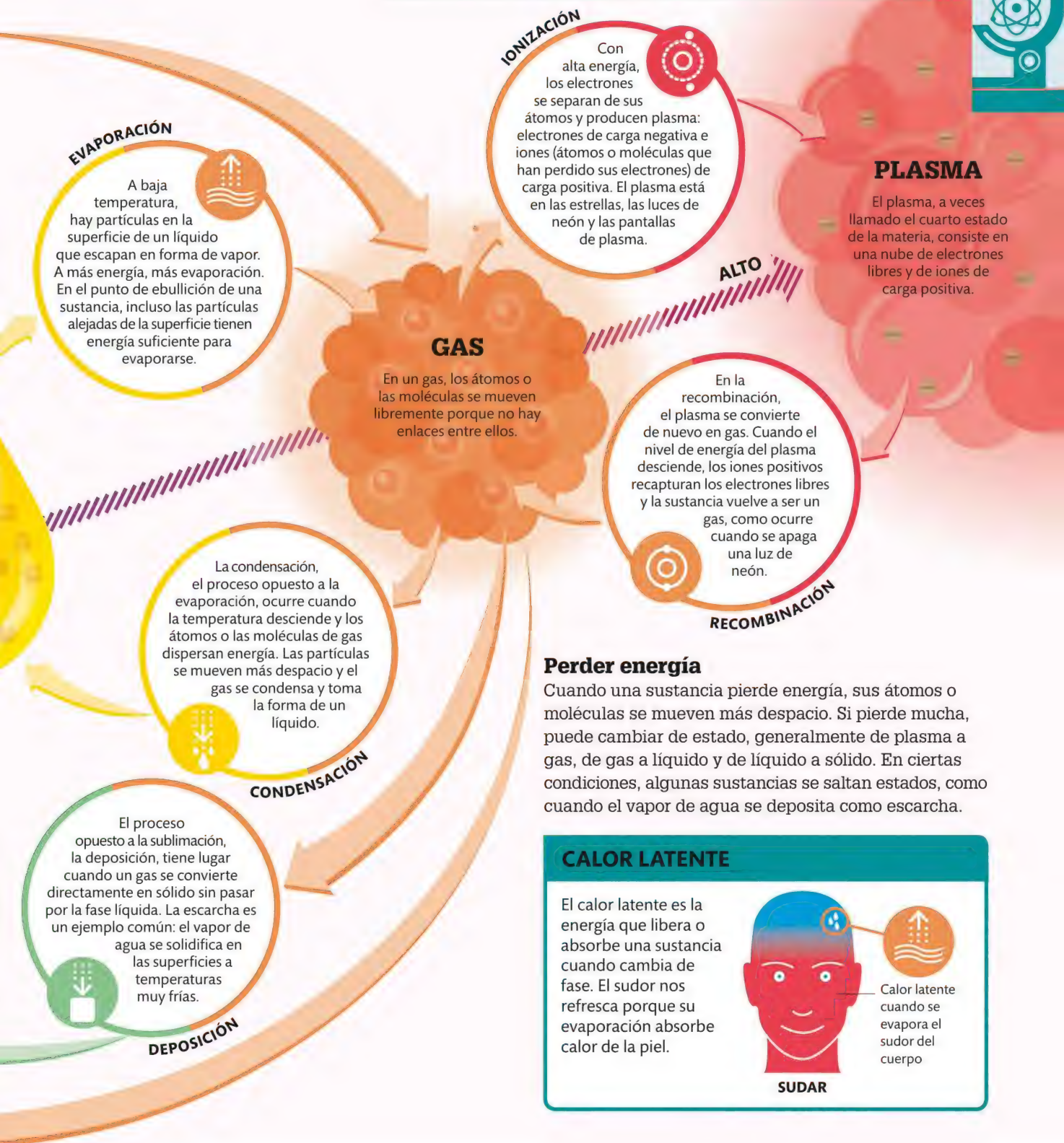
NIVEL DE ENERGÍA

Cuando un líquido pierde energía, sus átomos o moléculas se ralentizan y las fuerzas de atracción entre estas las unen más estrechamente. Las partículas se organizan de forma ordenada, formando un cristal, o de forma aleatoria, formando un sólido amorfo.

CONGELACIÓN

Enfriar las formas gaseosas de ciertas sustancias a unas pocas millonésimas de grado sobre el cero absoluto (0 K / -273,15 °C) reduce tanto la energía de los átomos que estos se quedan casi inmóviles y se apelotonan todos juntos.

SOBREFUSIÓN

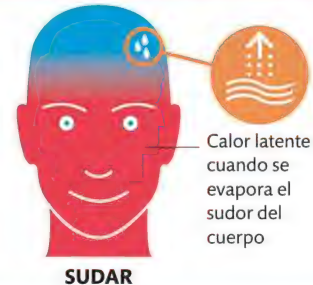


Perder energía

Cuando una sustancia pierde energía, sus átomos o moléculas se mueven más despacio. Si pierde mucha, puede cambiar de estado, generalmente de plasma a gas, de gas a líquido y de líquido a sólido. En ciertas condiciones, algunas sustancias se saltan estados, como cuando el vapor de agua se deposita como escarcha.

CALOR LATENTE

El calor latente es la energía que libera o absorbe una sustancia cuando cambia de fase. El sudor nos refresca porque su evaporación absorbe calor de la piel.



En un átomo

Durante mucho tiempo se pensó que los átomos eran indivisibles, pero sabemos que están compuestos de protones, neutrones y electrones. El número de estas partículas determina el tipo de átomo y sus propiedades químicas y físicas.

Estructura de un átomo

Un átomo consiste en un núcleo central que está rodeado de uno o más electrones. El núcleo contiene protones, de carga positiva, y, salvo en el caso del hidrógeno, neutrones, de carga neutra. La mayor parte de la masa de un átomo está en su núcleo. En torno a este, orbitan los diminutos electrones, de carga negativa, sujetos por la atracción de los protones. Un átomo siempre tiene igual número de protones que de electrones, por lo que las cargas positivas y negativas se neutralizan y los átomos son eléctricamente neutros.

Estructura de un átomo de helio

Cada átomo de helio tiene dos protones y dos neutrones en su núcleo orbitado por electrones.

Atracción entre los electrones, de carga negativa, y los protones del núcleo, de carga positiva

Región en la que es menos probable hallar electrones

Protón en el núcleo

Neutrón en el núcleo

TAMAÑOS ATÓMICOS

El elemento que tiene el átomo más pequeño es el hidrógeno, que solo tiene un protón y un electrón. Su diámetro es de unos 106 picómetros (billonésima parte de un metro). El cesio es uno de los átomos más grandes: 55 electrones orbitan su núcleo y mide unos 596 picómetros de diámetro, por lo que es unas seis veces más ancho que el de hidrógeno.

106 picómetros

HIDRÓGENO

596 picómetros

CESIO

EL **99 %**
DE UN ÁTOMO DE
HIDRÓGENO
ES SOLO
ESPACIO
VACÍO



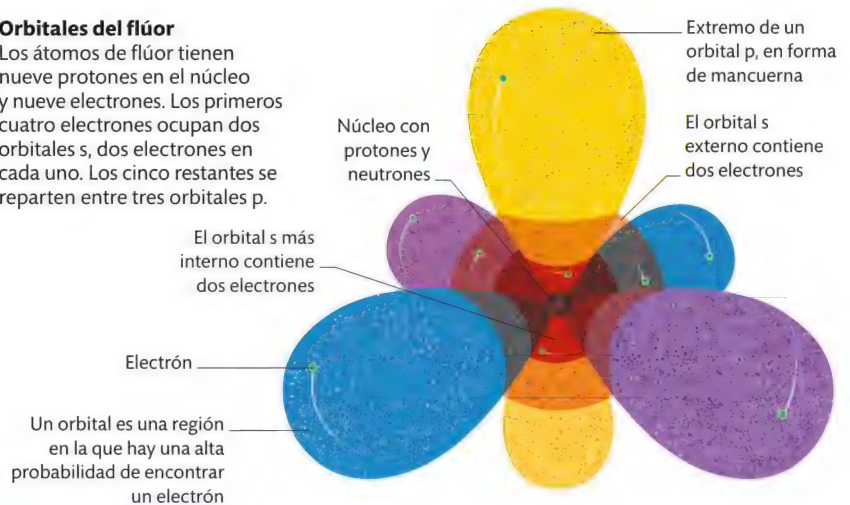


Orbitales de los electrones

Los electrones no orbitan el núcleo como los planetas alrededor del Sol. A causa de los efectos cuánticos (ver p. 30), es imposible localizar exactamente un electrón. Sin embargo, estos se encuentran en regiones llamadas orbitales: áreas en torno al núcleo en las que es más probable encontrarlos. Hay cuatro tipos principales de orbitales: orbitales s, que son esféricos; orbitales p, que tienen forma de mancuerna; y orbitales d y f, que tienen formas más complejas. Los orbitales pueden contener cada uno hasta dos electrones y están colocados en orden, empezando por el más cercano al núcleo.

Orbitales del flúor

Los átomos de flúor tienen nueve protones en el núcleo y nueve electrones. Los primeros cuatro electrones ocupan dos orbitales s, dos electrones en cada uno. Los cinco restantes se reparten entre tres orbitales p.



¿CUÁL ES LA MASA DE UN ELECTRÓN?

Un electrón pesa muy poco: su masa es de dos milésimas partes de la masa de un protón.

Número atómico y masa atómica

Los científicos se valen de números y medidas para cuantificar las propiedades de los átomos, como por ejemplo el número atómico y varias mediciones de la masa del átomo.

Cantidad	Definición
Número atómico	Número de protones que hay en un átomo. Un elemento se define por su número atómico, pues todos los átomos de un elemento tienen el mismo número de protones. Por ejemplo, todos los átomos con ocho protones son átomos de oxígeno.
Masa atómica	Masa sumada de los protones, neutrones y electrones de un átomo. El número de neutrones en los átomos de un elemento determinado puede variar, lo que produce los diferentes isótopos de ese elemento (ver p. 34). Cada isótopo tiene diferente masa atómica. La masa atómica se mide en unidades de masa atómica (uma): una uma equivale a una doceava parte de la masa de un átomo de carbono 12, un isótopo común del carbono.
Masa atómica relativa	La masa media de los isótopos de un elemento.
Número másico	El número total de protones y neutrones que hay en un átomo.

El mundo subatómico

Los átomos están hechos de unidades más pequeñas llamadas partículas subatómicas. Existen dos tipos: las que forman la materia y las portadoras de fuerzas. Ambas se combinan para formar otras partículas y fuerzas, algunas con propiedades exóticas.

Estructura subatómica

Los electrones de un átomo no pueden dividirse, pero los protones y los neutrones sí. Cada uno se compone de tres quarks, partículas subatómicas de una familia denominada fermiones. Los fermiones son partículas de materia. Toda la materia está hecha de quarks (en combinaciones de sus «sabores», o tipos) y leptones (otra clase de fermiones que incluye a los electrones). A cada fermión le corresponde una antipartícula con igual masa pero carga opuesta. Las antipartículas de los electrones son los positrones. La antimateria se compone de combinaciones de antipartículas.

Partículas elementales

Durante mucho tiempo, los científicos creyeron que los protones y los neutrones eran partículas elementales que no podían dividirse, pero ahora sabemos que están hechos de quarks. Sin embargo, según parece, los electrones y los quarks sí son elementales.

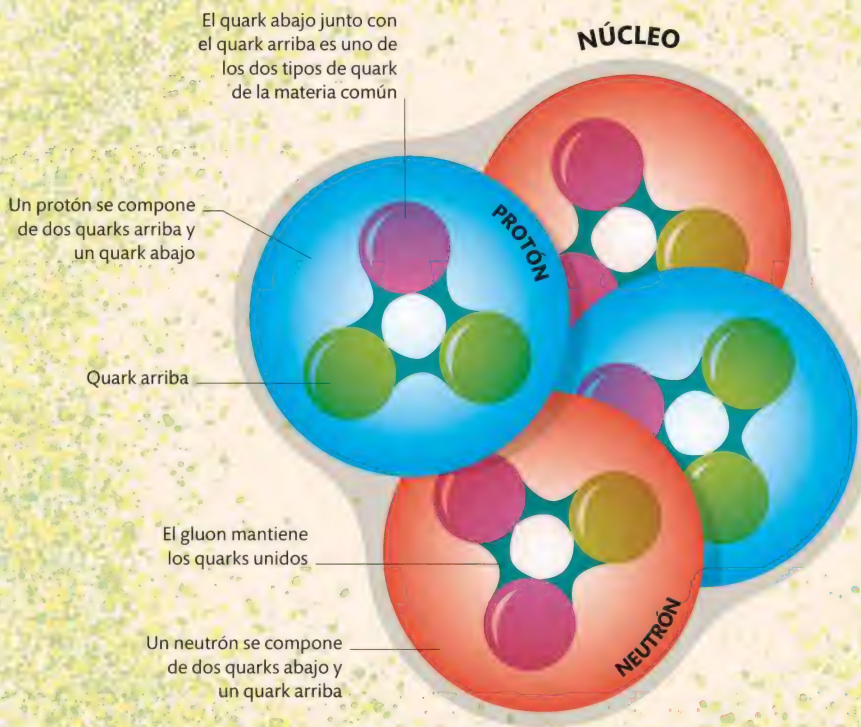
¿HAY UNA PARTÍCULA DE LA GRAVEDAD?


Los científicos creen que la fuerza de la gravedad puede estar producida por una partícula que se conoce como gravitón. La existencia de los gravitones aún no se ha confirmado experimentalmente.

Orbital atómico, donde hay una alta probabilidad de encontrar un electrón



ELECTRÓN



 **EL TÉRMINO
QUARK
PROVIENE DE
LA NOVELA DE JOYCE
FINNEGANS WAKE**





PARTÍCULAS SUBATÓMICAS

LOS FERMIONES son partículas de materia.

Son los elementos constituyentes de los componentes materiales de los átomos, como protones, neutrones y electrones.

LOS BOSONES son partículas portadoras de fuerzas.

Actúan como mensajeros, transmitiendo fuerzas entre otras partículas.

LOS FERMIONES ELEMENTALES son partículas de materia que no están compuestas por otras partículas.

LOS HADRONES son partículas compuestas de varios quarks.

LOS BOSONES ELEMENTALES

son partículas portadoras de fuerzas que no están hechas de otras partículas.

Quarks

- Arriba
- Abajo
- Encantado
- Extraño
- Cima
- Fondo

Leptones

- Electrón
- Neutrino electrónico
- Muon
- Neutrino muónico
- Tau
- Neutrino tauónico

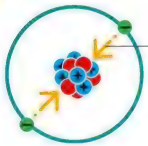
Los bariones son fermiones compuestos de tres quarks.

- **Protón**
Dos quarks arriba + un quark abajo + tres gluones
- **Neutrón**
Dos quarks abajo + un quark arriba + tres gluones
- **Partícula lambda**
Un quark abajo + un quark arriba + un quark extraño + tres gluones
- **Muchas otras**

Los mesones son bosones compuestos de un quark y un antiquark.

- **Pion positivo**
Un quark arriba + un antiquark abajo
- **Kaón negativo**
Un quark extraño + un antiquark arriba
- **Muchas otras**

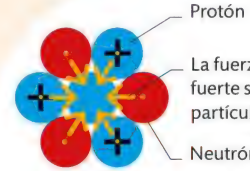
- **Fotón**
- **Gluon**
- **Bosón W-**
- **Bosón W+**
- **Bosón Z**
- **Bosón de Higgs**



La fuerza electromagnética mantiene los electrones en órbita alrededor del núcleo

Fuerza electromagnética

Las interacciones entre partículas con carga las llevan a cabo los fotones, partículas sin masa que se mueven a la velocidad de la luz.



Protón

La fuerza nuclear fuerte sujeta las partículas del núcleo

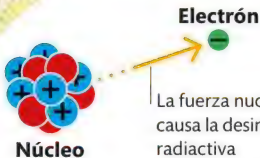
Neutrón

Fuerza nuclear fuerte

La fuerza nuclear fuerte mantiene juntos los quarks, oponiéndose a la repulsión electromagnética del interior de protones y neutrones. Actúa en distancias cortas y la portan los gluones.

Fuerzas fundamentales

En lugar de simples empujones y tirones, las fuerzas en el mundo subatómico las provocan las partículas. Imagina a dos patinadores tirándose una pelota en una pista de hielo; la pelota transmite energía del primer patinador y ejerce una fuerza sobre el segundo, por lo que este se mueve cuando agarra la pelota.



Electrón

La fuerza nuclear débil causa la desintegración radiactiva

Fuerza nuclear débil

Durante la desintegración nuclear, las partículas son expulsadas del núcleo cuando los quarks cambian de tipo. Esto es causado por los bosones W y Z, que portan la fuerza nuclear débil.



Sol

Planeta

Gravedad

La gravedad es una fuerza de atracción que actúa en una distancia infinita, por lo que su partícula, que aún no se ha descubierto, debe de viajar a la velocidad de la luz.

Ondas y partículas

Las ondas y las partículas parecen muy diferentes: la luz es una onda y los átomos son partículas. Sin embargo, a veces las ondas, como por ejemplo la luz, se comportan como partículas y las partículas, como los electrones, se comportan como ondas. A esto se lo llama dualidad onda-partícula.

La luz como ondas

El experimento de la doble ranura es un modo simple de mostrar que la luz puede actuar como una onda. Se proyecta luz a través de dos pantallas, la primera de las cuales tiene una ranura para dejar pasar un estrecho rayo de luz y la segunda dos ranuras para dividir ese rayo en dos. La luz, tras ser dividida, se proyecta sobre la pantalla de visualización, en la que produce una serie de franjas alternas de luz y oscuridad. Si la luz se comportase como partículas, el resultado sería muy diferente.

Partículas de luz

Si la luz se comportase como partículas (como granos de arena), algunas partículas pasarían por una ranura y otras pasarían por la otra, produciendo solo dos claras franjas de luz en la pantalla de proyección. No obstante, lo que ocurre cuando la luz atraviesa las dos ranuras es diferente (ver abajo).

Ondas de luz

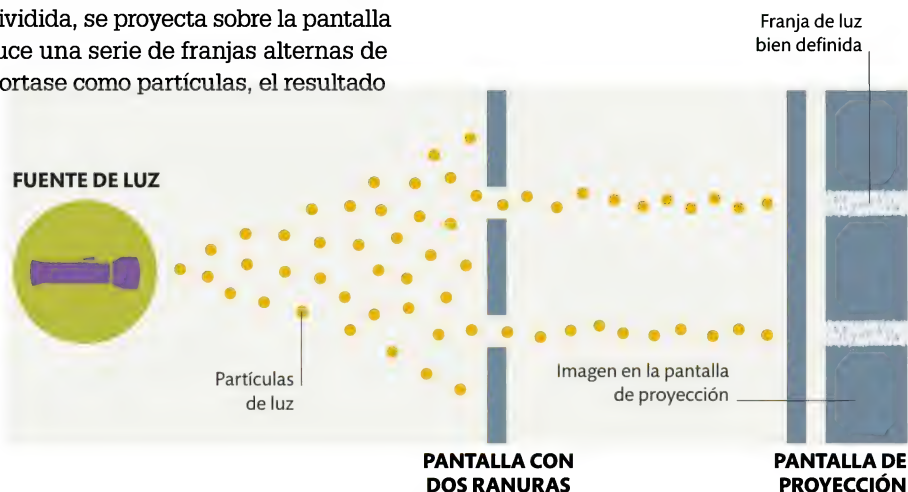
Tras pasar por las ranuras, las ondas forman patrones de turbulencia, como al tirar una piedra a un estanque. Las turbulencias interactúan, produciendo en la pantalla unas franjas de luz y oscuridad –un patrón de interferencia.



EN 2015, SE OBTUVO LA PRIMERA FOTO DE LA LUZ COMPORTÁNDOSE COMO ONDA Y COMO PARTÍCULA

¿ACTÚAN TODAS LAS PARTÍCULAS COMO ONDAS?

Según parece, no solo las partículas pequeñas, como los electrones, se comportan como ondas. Algunas moléculas grandes con más de 800 átomos se comportan como ondas en los experimentos de doble ranura, aunque no se sabe si todas las moléculas de gran tamaño se comportan así.





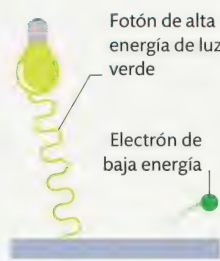
La luz como partículas

Los metales, al ser iluminados, emiten electrones, pero solo si la luz posee la adecuada longitud de onda (o color). Este efecto –llamado efecto fotoeléctrico– ocurre porque la luz se comporta como partículas. Los fotones (partículas) de la luz roja, que posee una amplia longitud de onda, tienen menos energía que los fotones de menor longitud de onda (como la del verde o de la luz ultravioleta) y no permiten que escapen los electrones.



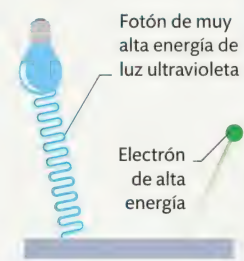
Luz roja

Los fotones de luz roja tienen muy poca energía y no logran que la mayoría de los metales emitan electrones, por muy brillante que sea la luz.



Luz verde

Los fotones de luz verde tienen más energía que los de luz roja, y logran que escapen electrones de la superficie del metal.



Luz ultravioleta

Los fotones ultravioleta tienen mucha energía y estimulan la liberación de electrones de alta energía de la superficie del metal.

Dualidad onda-partícula

Cuando se hace el experimento de la doble ranura con partículas, como electrones o átomos, se producen patrones de interferencias en forma de franjas de luz y oscuridad, igual que con las ondas. Esto significa que las partículas se están comportando como ondas: eso es la dualidad onda-partícula. Si se disparan electrones uno a uno, se produce el mismo patrón de interferencia, pues la naturaleza ondulante de las partículas hace que interfieran con sí mismas.

CAÑÓN DE ELECTRONES



Los electrones se envían de uno en uno

PANTALLA CON DOS RANURAS

Patrón de interferencia en la pantalla de proyección

PANTALLA DE PROYECCIÓN

PANTALLA DE PROYECCIÓN

Interferencia

Cuando dos ondas están en fase, es decir cuando crestas coinciden con crestas y valles con valles, se suman. Cuando están fuera de fase, es decir cuando una cresta se encuentra con un valle, se cancelan una a otra.



Franja brillante allí donde las ondas de luz se refuerzan unas a otras (interferencia constructiva)

Imagen en la pantalla de proyección



Franja oscura allí donde las ondas de luz se cancelan unas a otras (interferencia destructiva)

El mundo cuántico

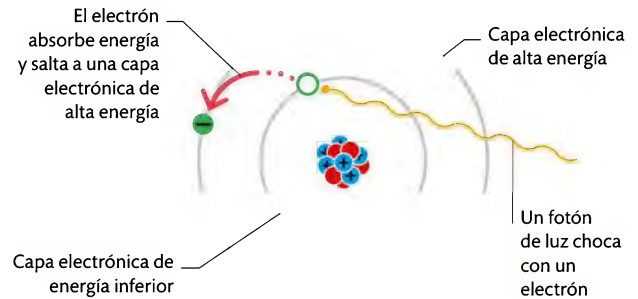
A nivel subatómico, las cosas no se comportan como en la vida diaria. Las partículas se comportan a la vez como ondas y como partículas, los cambios de energía ocurren a saltos –llamados saltos cuánticos– y las partículas permanecen en un estado intermedio hasta que son observadas.

Paquetes de energía

Un cuanto es la cantidad más pequeña de cualquier propiedad física, energía o materia. Por ejemplo, la mínima cantidad de radiación electromagnética, como la luz, es un fotón. Los cuantos son indivisibles y solo existen como múltiplos enteros de un solo cuanto.

Salto cuántico

Los electrones de un átomo solo pueden saltar directamente de un nivel de energía, o capa electrónica, a otro: un «salto cuántico». No pueden ocupar un nivel intermedio de energía. Al moverse entre niveles, los electrones absorben o emiten energía.

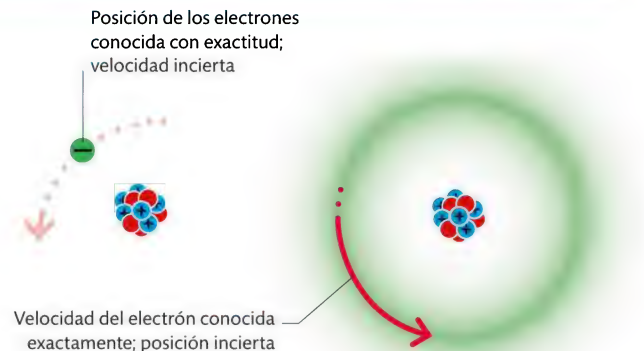


El principio de incertidumbre

En el mundo cuántico, es imposible saber al mismo tiempo la posición exacta y la velocidad exacta de una partícula subatómica como un electrón o un fotón. Este efecto, conocido como principio de incertidumbre, ocurre porque medir una partícula la perturba, lo cual hace que las otras mediciones sean inexactas.

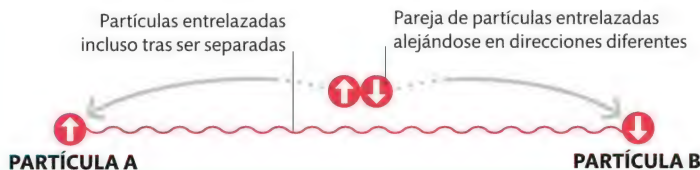
¿Posición o velocidad?

La posición y la velocidad de un electrón no pueden conocerse de forma exacta. Cuanto más exactamente se conoce su posición, más incierta es su velocidad, y viceversa.



ENTRELAZAMIENTO CUÁNTICO

El entrelazamiento cuántico es un extraño fenómeno en el que una pareja de partículas subatómicas (por ejemplo, electrones), quedan entrelazadas y conectadas incluso cuando se encuentran a enorme distancia (por ejemplo, en galaxias diferentes). A consecuencia de esto, manipular una partícula altera instantáneamente a su pareja. De manera similar, medir las propiedades de una partícula proporciona de inmediato información sobre la otra.



¿ES POSIBLE LA TELETRANSPORTACIÓN?

Con el entrelazamiento cuántico, los investigadores han conseguido teletransportar información a una distancia de unos 1200 km. Sin embargo, la teletransportación de los objetos físicos sigue siendo ciencia ficción.

El limbo cuántico

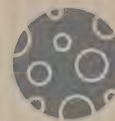
En el mundo cuántico, las partículas existen en una especie de limbo hasta que son observadas. Por ejemplo, un átomo radiactivo puede estar en un estado indeterminado en el que se ha desintegrado y ha liberado radiación y, al mismo tiempo, no se ha desintegrado. Este estado intermedio se conoce como superposición. Solo cuando una partícula se

observa o se mide, esta «decide» qué opción adoptar o, en términos más técnicos: su superposición se derrumba. La superposición implica que los eventos subatómicos nunca se deciden hasta que son observados, idea que llevó al físico Erwin Schrödinger a inventar su famoso experimento imaginario conocido como el gato de Schrödinger.

El gato de Schrödinger

En una caja hay un gato encerrado con una botella de veneno y con material radiactivo. Si el material radiactivo se desintegra y emite radiación, un contador Geiger detecta la radiación, lo cual pone en movimiento un martillo que rompe la botella de veneno, matando así al gato. Sin embargo, la desintegración radiactiva es aleatoria, por lo que es imposible determinar si el gato está vivo o muerto sin mirar dentro de la caja: en realidad, el gato está a la vez vivo y muerto hasta que se abre la caja.

HAY UN CRÁTER EN LA LUNA BAUTIZADO EN HONOR DE ERWIN SCHRÖDINGER

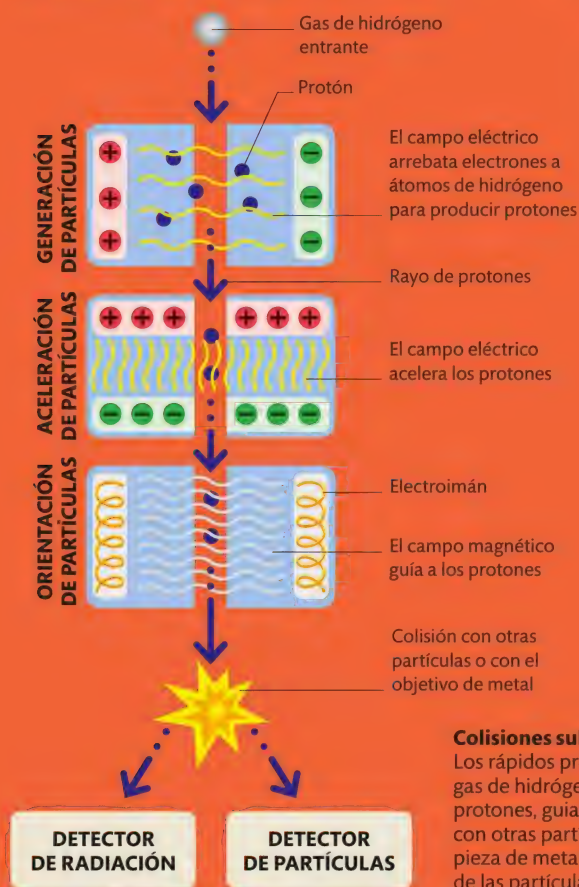


Aceleradores de partículas

Los aceleradores de partículas son dispositivos que lanzan partículas subatómicas a una velocidad cercana a la de la luz para investigar cuestiones sobre la materia, la energía y el universo.

Cómo funcionan los aceleradores

Los aceleradores de partículas usan campos eléctricos de alto voltaje y potentes campos magnéticos para generar un rayo de partículas subatómicas de alta energía, como protones o electrones, que se hacen chocar unas con otras o se disparan a un objetivo metálico. Muchos aceleradores de partículas son circulares, para que así las partículas puedan dar muchas vueltas, incrementando su energía en cada una hasta finalmente colisionar.



Colisiones subatómicas

Los rápidos protones se generan haciendo pasar gas de hidrógeno a través de campos eléctricos. Los protones, guiados por campos magnéticos, colisionan con otras partículas subatómicas o átomos en una pieza de metal. Los detectores capturan la radiación de las partículas resultante de la colisión.

Estudiar el mundo subatómico

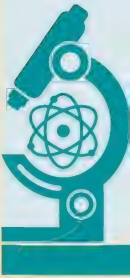
Los aceleradores de partículas se utilizan sobre todo para estudiar la materia y la energía a nivel subatómico y para investigar la materia oscura (ver p. 206) y las condiciones inmediatamente posteriores al Big Bang (ver p. 202). Además de descubrir el bosón de Higgs, han servido para descubrir otras exóticas partículas subatómicas, como los pentaquarks, unas partículas compuestas de cuatro quarks y un antiquark que quizá existen en las supernovas.



El CMS –siglas en inglés de solenoide compacto de muones– es un detector de partículas que se ocupa de buscar aquellas partículas que componen la materia oscura. Junto con el ATLAS, el CMS también ayudó a descubrir el bosón de Higgs

Rayo de partículas que se mueven en una dirección

Rayo de partículas que se mueven en la dirección opuesta



LAS PARTÍCULAS RECORREN EL ANILLO DE 27 KM DEL LHC MÁS DE 11 000 VECES POR SEGUNDO

El LHCb –siglas en inglés de belleza del Gran Colisionador de Hadrones– es un detector que estudia partículas y fuerzas fundamentales, como los quarks

Vacio dentro del túnel del colisionador

Chorro de protones entrando en el colisionador

Gran Colisionador de Hadrones

El Gran Colisionador de Hadrones es el acelerador de partículas más grande jamás construido. Produce rayos de protones, los acelera hasta casi la velocidad de la luz y después hace que los protones choquen unos con otros para estudiar las partículas que genera la colisión. El LHC (por sus siglas en inglés) realiza muchos experimentos, pero su logro más famoso es el descubrimiento del bosón de Higgs.

El SPS –siglas en inglés de Super Sincrotrón de Protones– genera y acelera protones que introduce en el Gran Colisionador de Hadrones

El ATLAS –siglas en inglés de aparato toroidal LHC– es el detector de partículas de alta energía que, junto con el CMS, ayudó a descubrir el bosón de Higgs

Corrientes de protones entrando en el colisionador

Colisión de partículas

El ALICE –siglas en inglés de Gran Experimento del Colisionador de Iones– es el detector que estudia el estado de la materia que quizá existió inmediatamente después del Big Bang

EL BOSÓN DE HIGGS

El bosón de Higgs es un aspecto del llamado campo de Higgs que crea masa al interactuar con partículas como fotones y electrones. El bosón de Higgs puede imaginarse como un copo de nieve en un campo nevado. El campo nevado –campo de Higgs– interactúa de forma distinta con distintos objetos: si el objeto interactúa fuertemente con el campo (si se hunde en la nieve), es que tiene una gran masa; si interactúa débilmente (si permanece en la superficie de la nieve), es que tiene una masa pequeña; y si no interactúa con el campo, es que no tiene masa.

Las partículas que interactúan de forma significativa con el campo de Higgs tienen una gran masa

Las partículas que no interactúan con el campo de Higgs (como los fotones) no tienen masa



El campo de Higgs se compone de bosones de Higgs, como un campo nevado se compone de copos de nieve

Las partículas que interactúan de manera leve con el campo de Higgs tienen una masa pequeña

Los elementos

Los elementos contienen solo un tipo de átomo, por lo que no pueden descomponerse químicamente en partes más pequeñas. Los átomos se diferencian unos de otros en el número de protones, neutrones y electrones que contienen, pero son los protones los que los definen. La tabla periódica organiza los elementos según el número de protones que tiene el núcleo de cada átomo.

Masa atómica relativa: la masa atómica media (ver p. 25) de los isótopos de un elemento; el número entre paréntesis es la masa atómica del isótopo más estable de un elemento radiactivo

Número atómico: número de protones en el núcleo de un átomo (ver p. 25)

Símbolo químico: abreviatura del nombre del elemento

Nombre de un elemento

La tabla periódica

En la tabla periódica, los elementos están organizados por su número atómico: su número de protones. En cada fila, el número atómico se incrementa de izquierda a derecha. La posición de un elemento en la tabla también añade información: por ejemplo, los elementos de la misma columna poseen reacciones parecidas.

Períodos: filas, numeradas del 1 al 7; todos los elementos de un período tienen el mismo número de capas electrónicas

Grupos: columnas, numeradas del 1 al 18; los elementos de un grupo tienen el mismo número de electrones en su capa exterior, así como propiedades químicas similares

ISÓTOPOS

Los isótopos de un elemento tienen el mismo número de protones y distinto número de neutrones, por lo que su masa atómica es distinta. Así, hay isótopos de carbono con 6, 7 u 8 neutrones. Los isótopos reaccionan químicamente de la misma manera pero se comportan de forma diferente en otros aspectos. Por ejemplo, algunos son radiactivos.



CARBONO-12

6 neutrones + 6 protones = 12



CARBONO-13

7 neutrones + 6 protones = 13



CARBONO-14

8 neutrones + 6 protones = 14

1	2	3	4	5	6	7
1 1,008 H HIDRÓGENO						
3 6,94 Li LITIO	4 9,0122 Be BERILO					
11 22,990 Na SODIO	12 24,305 Mg MAGNESIO					
19 39,098 K POTASIO	20 40,078 Ca CALCIO	21 44,956 Sc ESCANDIO	22 47,867 Ti TITANIO	23 50,942 V VANADIO	24 51,996 Cr CROMO	25 54,938 Mn MANGANESO
37 85,468 Rb RUBIDIO	38 87,62 Sr ESTRONCIO	39 88,906 Y ITRIO	40 91,224 Zr CIRCONIO	41 92,906 Nb NIOBIO	42 95,95 Mo MOLIBDENO	43 (98) Tc TECNECIO
55 132,91 Cs CESIO	56 137,33 Ba BARIO	57-71 Lantánidos	72 178,49 Hf HAFNIO	73 180,95 Ta TANTALIO	74 183,84 W TUNGSTENO	75 186,21 Re RENIO
87 (223) Fr FRANCIO	88 (226) Ra RADIO	89-103 Actínidos	104 (267) Rf RUTHERFORDIO	105 (268) Db DUBNIO	106 (269) Sg SEABORGIO	107 (270) Bh BOHRIO
			57 138,91 La LANTANO	58 140,12 Ce CERIO	59 140,91 Pr PRASEODIMIO	60 144,24 Nd NEODIMIO
			89 (227) Ac ACTINIO	90 232,04 Th TORIO	91 231,04 Pa PROTACTINIO	92 238,03 U URANIO

Organización de los elementos

Al leerlos de izquierda a derecha y hacia abajo, los elementos van aumentando de número atómico. Los metales están en la parte izquierda de la tabla y los no metales, en la derecha.



CLAVE

Hidrógeno: gas reactivo

METALES REACTIVOS

Metales alcalinos: metales blandos y muy reactivos

Metales alcalinotérreos: metales moderadamente reactivos

ELEMENTOS DE TRANSICIÓN

Metales de transición: variado grupo de metales, muchos con valiosas propiedades

PRINCIPALMENTE NO METALES

Metaloides: elementos con propiedades a medio camino entre los metales y los no metales

Otros metales: la mayoría metales blandos con puntos de fusión bajos

Carbono y otros no metales

Halógenos: no metales muy reactivos

Gases nobles: incoloros, muy poco reactivos

TIERRAS RARAS

También llamados lantánidos y actínidos, son metales reactivos, algunos muy raros o sintéticos

Períodos, grupos y bloques

Todos los elementos de una fila, o período, tienen el mismo número de orbitales de electrones (ver p. 25). Las columnas de la tabla periódica, llamadas grupos, contienen elementos con el mismo número de electrones en sus capas electrónicas exteriores y que, por tanto, reaccionan de formas similares. Cuatro «bloques» principales (ver izquierda) agrupan elementos con propiedades parecidas, como los elementos de transición, que suelen ser metales duros y brillantes. El hidrógeno tiene un conjunto de propiedades único y por eso está en un grupo aparte.

8	9	10	11	12
26 55,845 Fe HIERRO	27 58,933 Co COBALTO	28 58,693 Ni NÍQUEL	29 63,546 Cu COBRE	30 65,38 Zn CINC
44 101,07 Ru RUTENIO	45 102,91 Rh RODIO	46 106,42 Pd PALADIO	47 107,87 Ag PLATA	48 112,41 Cd CADMIO
76 190,23 Os OSMIO	77 192,22 Ir IRIDIO	78 195,08 Pt PLATINO	79 196,97 Au ORO	80 200,59 Hg MERCURIO
108 (277) Hs HASSIO	109 (278) Mt MEITNERIO	110 (281) Ds DARMSTATIO	111 (282) Rg ROENTGENIO	112 (285) Cn COPERNICIO

61 (145) Pm PROMETIO	62 150,36 Sm SAMARIO	63 151,96 Eu EUROPIO	64 157,25 Gd GADOLINIO	65 158,93 Tb TERBIO
93 (237) Np NEPTUNIO	94 (244) Pu PLUTONIO	95 (243) Am AMERICIO	96 (247) Cm CURIO	97 (247) Bk BERKELIO

conjunto de propiedades único y por eso está en un grupo aparte.

13	14	15	16	17	18
510,81 B BORO	612,011 C CARBONO	714,007 N NITRÓGENO	815,999 O OXÍGENO	918,998 F FLÚOR	24,0026 He HELIO
1326,982 Al ALUMINIO	1428,085 Si SILICIO	1530,974 P FÓSFORO	1632,06 S AZUFRE	1735,45 Cl CLORO	1020,180 Ne NEÓN
3169,723 Ga GALIO	3272,63 Ge GERMANIO	3374,922 As ARSÉNICO	3478,97 Se SELENIO	3579,904 Br BROMO	1839,948 Ar ARGÓN
49114,82 In INDIO	50118,71 Sn ESTAÑO	51121,76 Sb ANTIMONIO	52127,60 Te TELURIO	53126,90 I YODO	3683,80 Kr KRIPTÓN
81204,38 Tl TALIO	82207,2 Pb PLOMO	83208,98 Bi BISMUTO	84(209) Po POLONIO	85(210) At ASTATO	86(222) Rn RADÓN
113(286) Nh NIHONIO	114(289) Fl FLEROVIO	115(289) Mc MOSCOVIO	116(293) Lv LIVERMORIO	117(294) Ts TENESO	118(294) Og OGANESÓN

66 162,50 Dy DISPROSIO	67 164,93 Ho HOLMIO	68 167,26 Er ERBIO	69 168,93 Tm TULIO	70 173,05 Yb ITERBIO	71 174,97 Lu LUTECIO
98 (251) Cf CALIFORNIO	99 (252) Es EINSTENIO	100 (257) Fm FERMIO	101 (258) Md MENDELEVIO	102 (259) No NOBELIO	103 (262) Lr LAWRENCIO

Radiactividad

Los materiales radiactivos tienen núcleos inestables que liberan energía, o radiación. La radiactividad es peligrosa si no se maneja de forma adecuada. Sin embargo, reduce nuestra dependencia de los contaminantes combustibles fósiles.

¿Qué es la radiación?

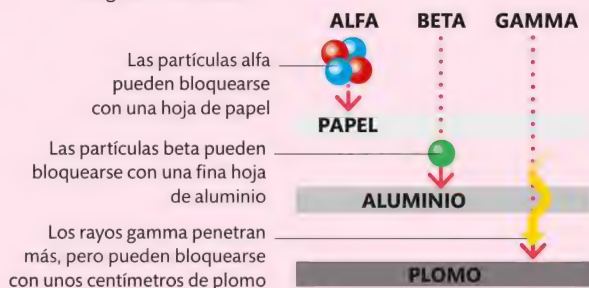
La radiación consiste en corrientes de ondas o partículas energéticas que pueden arrebatar electrones de otros átomos. En grandes cantidades, la radiación puede dañar el ADN de las células. Además, puede crear en el cuerpo radicales libres, muy reactivos, lo cual también daña las células.

Tipos de radiación

Una partícula alfa está compuesta por dos neutrones y dos protones (un núcleo de helio). Una partícula beta es un electrón o un positrón. Los rayos gamma son ondas electromagnéticas de gran intensidad.



ÁTOMO RADIATIVO

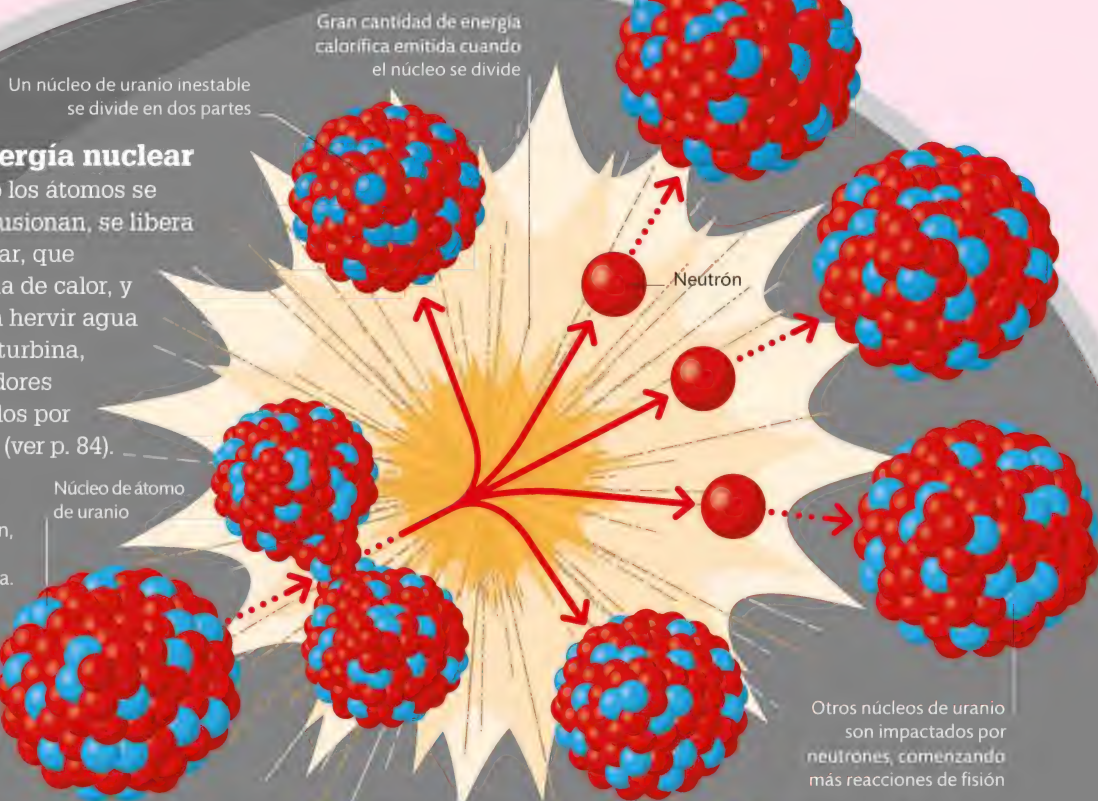


Energía nuclear

Cuando los átomos se dividen o fusionan, se libera energía nuclear, que aparece en forma de calor, y puede usarse para hervir agua y propulsar así una turbina, como en los generadores eléctricos propulsados por combustibles fósiles (ver p. 84).

Reacciones de fisión

En las reacciones de fisión, los núcleos atómicos se dividen para liberar energía. En una central nuclear, este proceso está cuidadosamente controlado para evitar una reacción en cadena.



Neutrón de alta energía de un material nuclear

1 Un neutrón impacta un núcleo. El material radiactivo (normalmente uranio) es bombardeado con neutrones, algunos de los cuales impactan el núcleo de un átomo y lo desestabilizan.

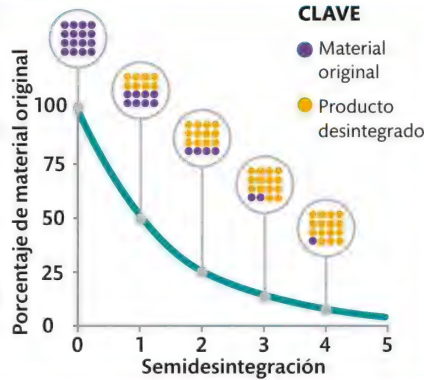
2 El núcleo se divide. El núcleo inestable se parte en dos. Esta fisión libera una gran cantidad de energía, así como otros neutrones.

3 Reacción en cadena. Los neutrones adicionales liberados alcanzan otros átomos, que a su vez se dividen y liberan más neutrones aún, iniciando una reacción en cadena.



SEMIDESINTEGRACIÓN Y DESINTEGRACIÓN

El período de semidesintegración de una sustancia radiactiva es lo que tarda en desintegrarse la mitad del material original. Hay sustancias que se desintegran muy deprisa, pero otras tardan millones de años. El período de semidesintegración del uranio-235, de los reactores de fisión, es de unos 704 millones de años, lo que hace que sea problemático deshacerse de los residuos nucleares.

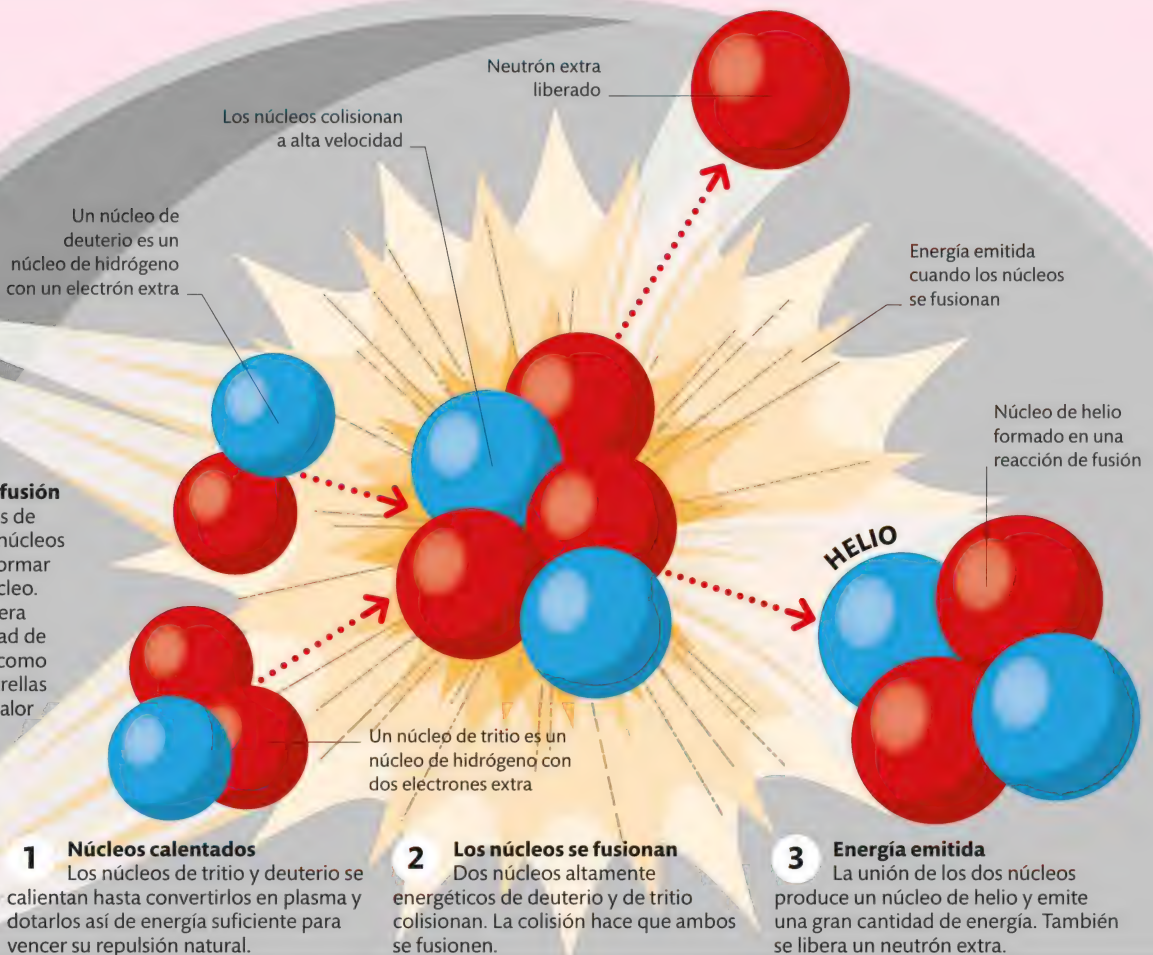


¿ES SEGURA LA FUSIÓN NUCLEAR?

En un reactor de fusión no hay peligro de que ocurra una fusión de núcleo (al contrario que en un reactor de fisión), pues un fallo solo enfriaría el plasma y detendría la reacción.

Reacciones de fusión

En las reacciones de fusión, se unen núcleos atómicos para formar un solo gran núcleo. Este proceso libera una gran cantidad de energía y así es como el Sol y otras estrellas producen luz y calor (ver p. 193).



Mezclas y compuestos

Cuando se mezclan sustancias diferentes, pueden pasar dos cosas: o reaccionan para formar una nueva sustancia –un compuesto– o bien siguen siendo sustancias individuales pero mezcladas.

Mezclas

Muchas sustancias, al mezclarse, no reaccionan sino que permanecen iguales químicamente, como por ejemplo en una mezcla de sal y arena. Las sustancias pueden ser átomos individuales, moléculas de un elemento o moléculas con más de un elemento (compuestos).

Partícula de una sustancia

Partícula de una sustancia diferente

Separar mezclas

Las mezclas pueden separarse con métodos físicos porque sus componentes no están enlazados químicamente. El método adecuado de separación depende del tipo de mezcla en cuestión. Por ejemplo, las mezclas en las que solo se disuelve uno de los componentes pueden separarse mediante filtración. Otros tipos de mezclas requieren métodos más complejos, como cromatografía, destilación o centrifugado.

Compuestos

Los compuestos contienen átomos de dos o más elementos enlazados químicamente. Las propiedades de un elemento pueden ser muy diferentes a las de sus elementos constitutivos. Por ejemplo, el hidrógeno y el oxígeno son ambos gases, pero combinados forman agua líquida.

Enlace químico entre átomos de diferentes elementos

Papel de filtro

Partículas atrapadas por un filtro de papel

Líquido que se filtra (filtrado)

Filtración

Los filtros solo permiten el paso de partículas muy pequeñas o solubles y atrapan las más grandes o insolubles. Por ejemplo, una solución de sal pasa por el filtro, pero este atrapa la arena que haya en la mezcla.



Tipos de mezcla

Hay diferentes tipos de mezclas, según la solubilidad de sus componentes individuales y el tamaño de sus partículas. Las soluciones se forman cuando una sustancia se disuelve, como el azúcar en el agua (ver pp. 62-63). En los coloides y las suspensiones, las partículas de los componentes no se disuelven, sino que se dispersan unas en otras.

El soluto se disuelve por completo



Pequeñas partículas



Partículas más grandes



Soluciones verdaderas

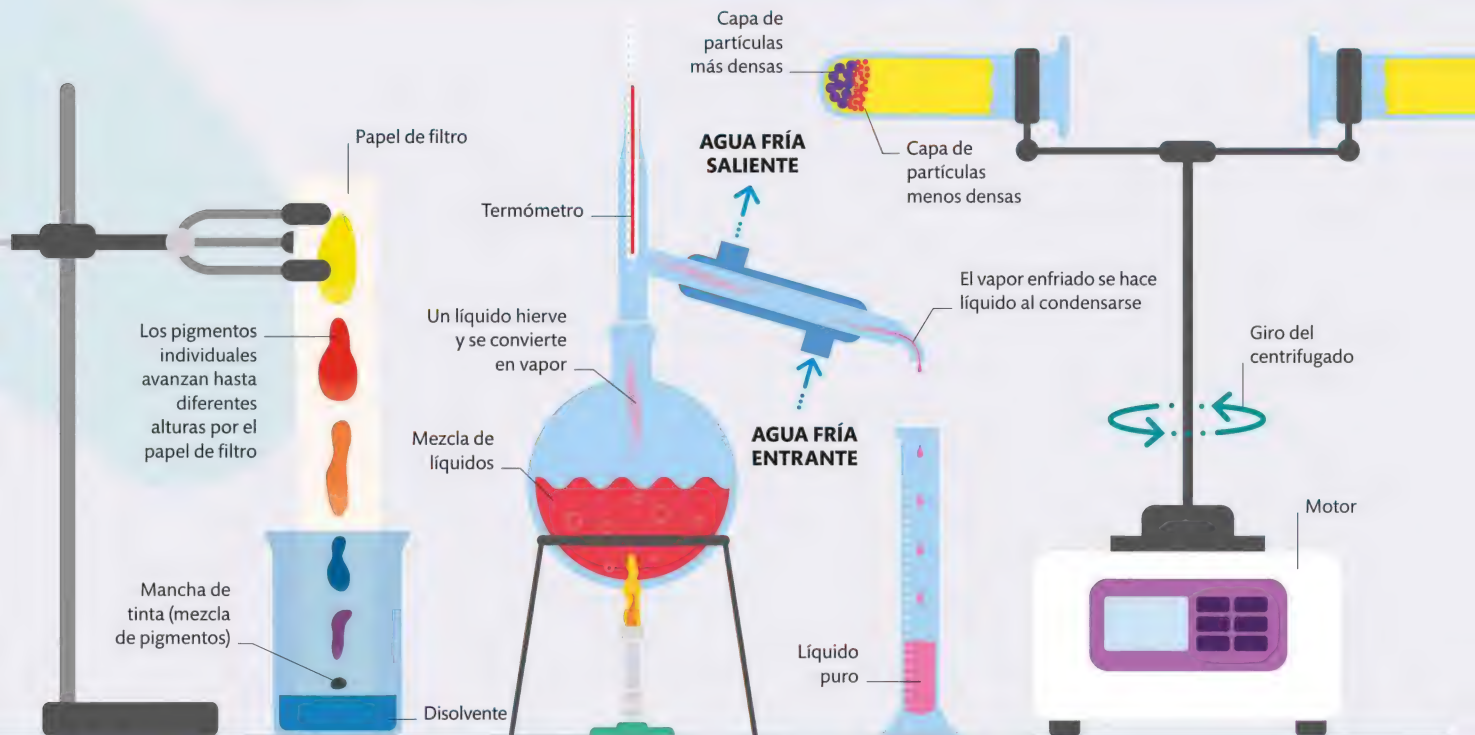
En las soluciones verdaderas, como la sal disuelta en agua, todos los componentes están en el mismo estado de la materia (líquido en este caso).

Coloides

Un coloide tiene partículas diminutas distribuidas de forma regular en la mezcla. Son invisibles a simple vista y no se precipitan.

Suspensiones

Las suspensiones contienen partículas dispersas del tamaño de motas de polvo. Son visibles a simple vista y pueden precipitarse.



Cromatografía

A veces, los componentes de una mezcla pueden separarse mediante cromatografía. Los componentes individuales son llevados a diferentes alturas por el disolvente a medida que este avanza por el papel de filtro.

Destilación

Las mezclas de líquidos con diferentes puntos de ebullición pueden separarse por destilación. Al calentarse, los componentes hierven uno por uno. Al cesar la ebullición, cada componente se condensa de nuevo en forma de líquido.

Centrifugado

Una mezcla de partículas con diferentes densidades o de partículas suspendidas en un líquido puede dividirse centrifugándola. Las partículas más densas o suspendidas forman las capas más bajas.

Moléculas e iones

Una molécula se compone de dos o más átomos enlazados. Los átomos pueden ser del mismo elemento o de elementos diferentes. Los une la atracción entre sus partículas con carga, atracción creada por los electrones transferidos o compartidos.

Capas electrónicas

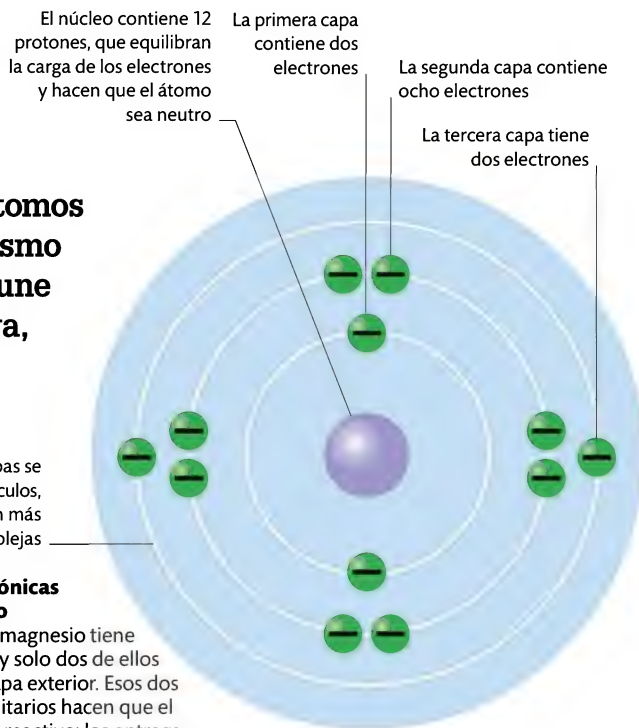
Los electrones orbitan los núcleos en diferentes niveles de energía llamados capas electrónicas. Cada capa puede albergar un número máximo de electrones: la primera, dos; la segunda y la tercera, ocho. Los átomos buscan el orden más estable energéticamente, lo que conlleva tener capas exteriores llenas.

Aunque las capas se representan como círculos, sus formas reales son más complejas

Capas electrónicas del magnesio

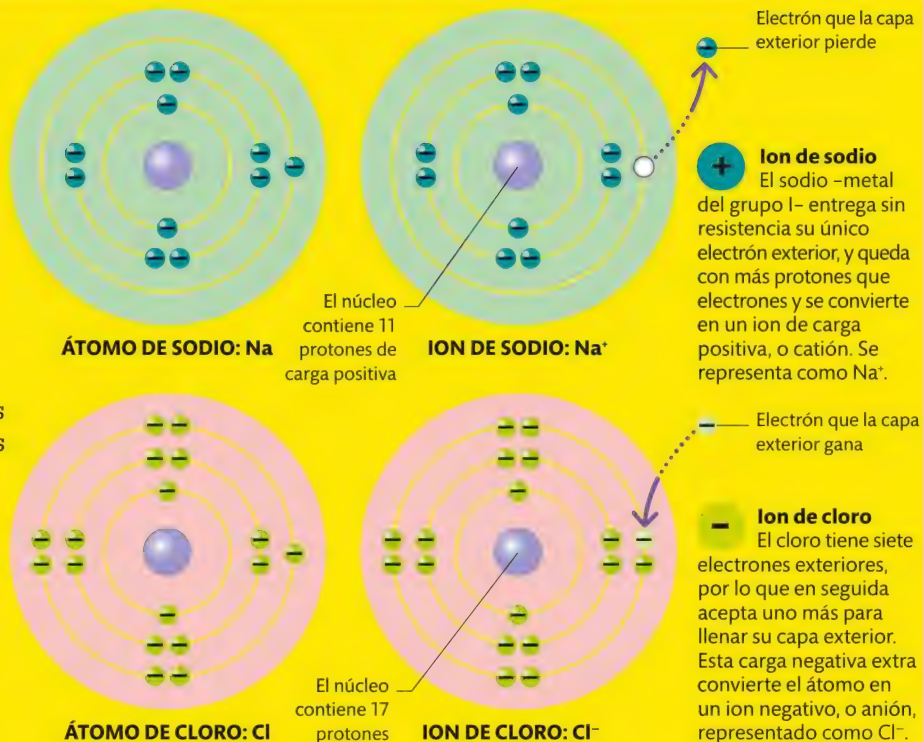
Un átomo de magnesio tiene 12 electrones y solo dos de ellos están en su capa exterior. Esos dos electrones solitarios hacen que el magnesio sea reactivo: los entrega rápidamente para hacerse más estable.

ÁTOMO DE MAGNESIO: Mg



¿Qué es un ion?

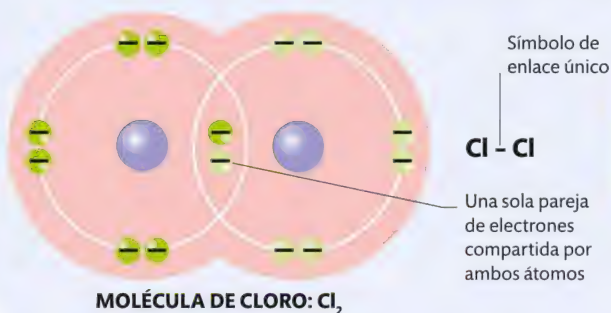
Un átomo es eléctricamente neutro, pues la carga positiva de los protones del núcleo queda equilibrada por la carga negativa de los electrones. A menudo, los átomos adquieren una carga eléctrica en su esfuerzo por lograr una ordenación estable de electrones. Un átomo (o una molécula) con carga recibe el nombre de ion. Algunos átomos se ionizan obteniendo electrones para llenar huecos en su capa externa. Otros –por ejemplo los metales del grupo I (alcalinos), como el sodio (ver p. 34)– ceden sus escasos electrones externos. Ambas opciones dotan al átomo de carga, pues ya no tiene el mismo número de electrones y de protones.





Compartir electrones

Para algunas parejas de átomos, el modo más fácil de estabilizar sus electrones es compartirlos. Al hacerlo, quedan unidos por fuerzas llamadas enlaces covalentes. Estos enlaces son comunes entre dos átomos del mismo elemento o entre dos elementos cercanos en la tabla periódica.



Enlace único

El cloro tiene siete electrones externos, por lo que las parejas de átomos comparten un electrón para así lograr capas electrónicas externas llenas. Estos enlaces únicos forman moléculas de Cl_2 .

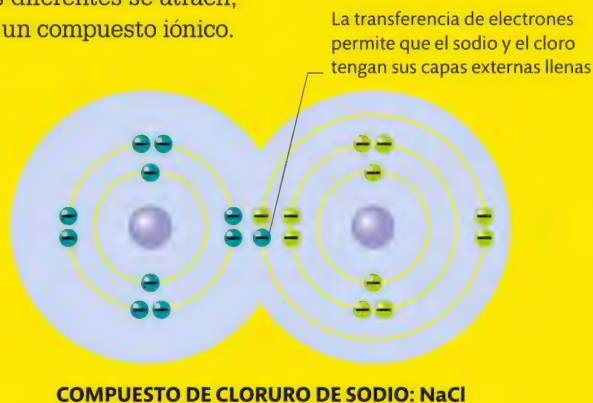
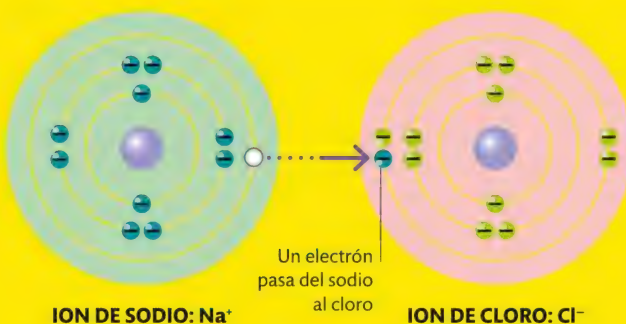


Enlace doble

El oxígeno tiene solo seis electrones exteriores, por lo que para ser estable debe compartir dos parejas. Esto se conoce como doble enlace.

Transferencia de electrones

Cuando un átomo con uno o con escasos electrones externos se encuentra con un átomo con huecos en su capa exterior, le dona su electrón o electrones externos, formando así un ion positivo y uno negativo. Como las cargas diferentes se atraen, estos dos iones quedan ligados electrostáticamente y forman un compuesto iónico.



1 Transferencia de electrones

Los electrones exteriores del sodio se transfieren al cloro para obtener capas externas completas en ambos átomos, los cuales se ionizan como un catión de sodio y un anión de cloro. En otras parejas, pueden moverse dos, tres o más electrones.

2 Enlace iónico formado

El catión y el anión se atraen uno al otro y forman un compuesto llamado cloruro de sodio (sal). Las cargas están equilibradas, y el compuesto es neutro. Los compuestos iónicos tienden a seguir enlazándose y a formar redes gigantes, a menudo en forma de cristales (ver p. 60).

Reacciones

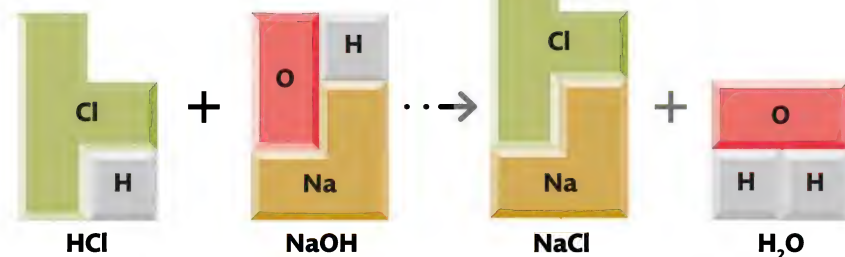
Las reacciones químicas son procesos que cambian las sustancias rompiendo sus enlaces químicos y creando otros nuevos. Muchas reacciones tienen lugar dentro de nuestro cuerpo y son vitales para nuestra supervivencia.

¿Qué es una reacción?

Al reaccionar, los átomos de las sustancias químicas se reorganizan. Son como piezas de Lego: encajan unos con otros de distintas formas, pero el número y el tipo de piezas son siempre los mismos. La forma exacta en que se reorganizan los átomos depende de con qué reaccionen. Las sustancias que reaccionan se llaman reactantes y las nuevas sustancias que se forman se llaman productos.

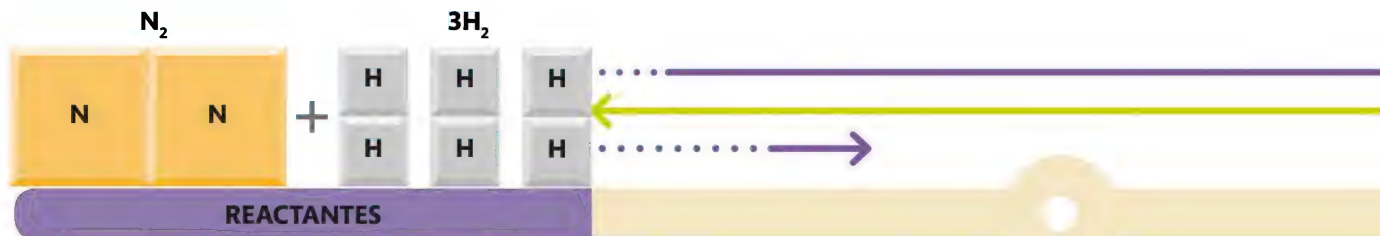
Reacciones irreversibles

La mayoría de las reacciones son irreversibles, es decir, que solo ocurren en un sentido, como cuando se mezcla ácido clorhídrico (HCl) con hidróxido de sodio (NaOH) y se crea cloruro sódico (NaCl) y agua (H₂O).



CÓMO HACER SAL COMÚN

La sal común puede crearse mezclando sodio y cloro. Esto causa una reacción química que forma un compuesto de cloruro de sodio (conocido como sal común).

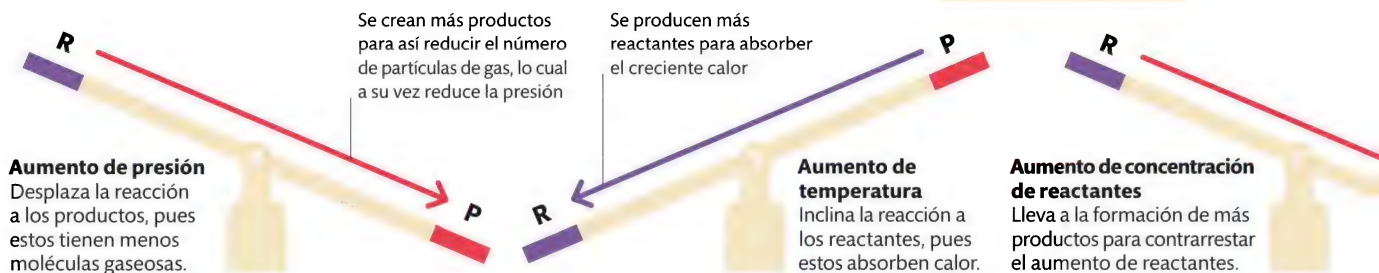


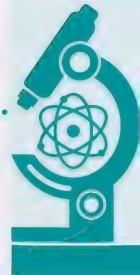
Equilibrio dinámico

En las reacciones reversibles, la reacción empieza cuando los reactantes se mezclan y forman productos (en este caso, amoníaco). Sin embargo, si no se añade o se sustrae nada más, la cantidad de producto deja de aumentar. Las reacciones aún tienen lugar en ambos sentidos, pero se equilibran unas a otras. Esto se conoce como equilibrio dinámico.

Las reacciones se neutralizan unas a otras

=



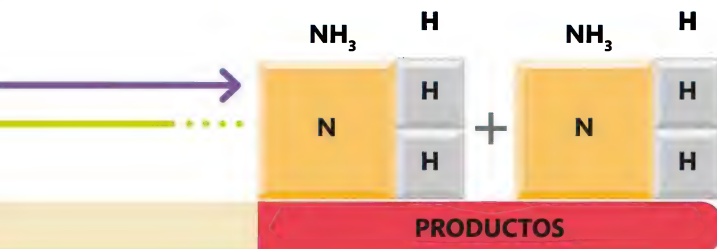
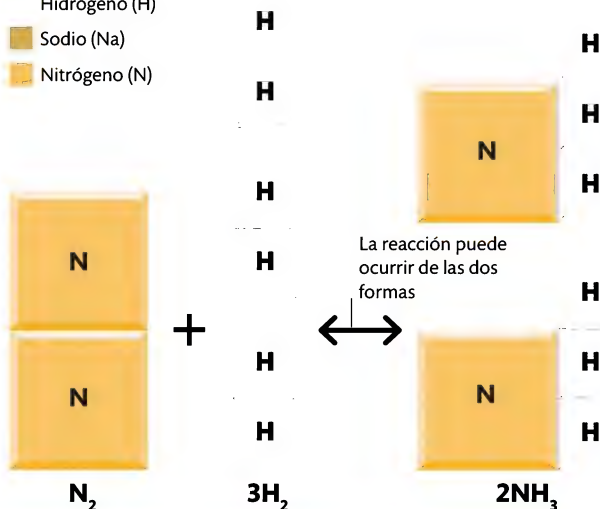


CLAVE

- Oxígeno (O)
- Cloro (Cl)
- Hidrógeno (H)
- Sodio (Na)
- Nitrógeno (N)

Reacciones reversibles

En ellas los reactantes se reconstituyen a partir de los productos, como al crear amoníaco (NH_3) con nitrógeno (N_2) e hidrógeno (H_2).



Inclinar la balanza

Si se cambia algo mientras las reacciones están equilibradas, el equilibrio puede desplazarse para contrarrestar ese cambio. Los cuatro ejemplos de abajo muestran qué ocurre al alterarse cuatro factores distintos durante la creación de amoníaco.



**EN NUESTROS
37,2 BILLONES
DE CÉLULAS SE
DAN REACCIONES
CONTINUAS**



Tipos comunes de reacción

Las reacciones químicas son de varios tipos. Algunas combinan moléculas y otras las dividen en moléculas más simples. En otras reacciones, los átomos cambian de posición y crean nuevas moléculas. La combustión (ver pp. 54-55) es otro tipo de reacción, que tiene lugar cuando el oxígeno reacciona con otra sustancia y crea suficiente calor y luz como para entrar en ignición.

Tipo de reacción	Definición	Ecuación
Síntesis	Dos o más elementos o compuestos se combinan para formar una sustancia más compleja	$\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}$
Descomposición	Los compuestos se descomponen en sustancias más simples	$\text{AB} \rightarrow \text{A} + \text{B}$
Reacción de desplazamiento simple	Ocurre cuando un elemento desplaza a otro en un compuesto	$\text{AB} + \text{C} \rightarrow \text{AC} + \text{B}$
Doble desplazamiento	Ocurre cuando átomos diferentes en dos compuestos intercambian sus lugares	$\text{AB} + \text{CD} \rightarrow \text{AC} + \text{BD}$

FUEGOS ARTIFICIALES

Al encender fuegos artificiales, tiene lugar una rápida reacción química que libera gas, el cual estalla hacia arriba en forma de chispas de colores. Los colores dependen del tipo de metal usado. El carbonato de estroncio, por ejemplo, produce fuegos artificiales rojos.



Reacciones y energía

Una reacción solo ocurre si los átomos tienen energía suficiente para romper y modificar sus enlaces. Las sustancias muy reactivas necesitan poca energía extra para desencadenar reacciones, pero otras, por la fuerza de sus enlaces, hay que calentarlas a altas temperaturas para que reaccionen.

Energía de activación

Para producir una reacción, hay que introducir energía: la energía de activación. El proceso se parece a una colina que una esquiadora tiene que ascender para poder deslizarse ladera abajo. Algunas reacciones comienzan en cuanto se combinan los reactantes. Estas reacciones –por ejemplo, entre ácido fuerte y base– tienen una baja energía de activación.

El hecho de subir la colina la esquiadora es como la energía de activación necesaria para iniciar la reacción

Cuando llega a la cima, la esquiadora ya puede deslizarse ladera abajo; de igual modo, los reactantes ya tienen energía para reaccionar y formar productos, que emiten energía

¿PUEDE DESCONTROLARSE UNA REACCIÓN?

Si no se supervisa, la velocidad de las reacciones exotérmicas puede aumentar peligrosamente al incrementarse la temperatura. Esto puede causar explosiones y liberar sustancias químicas tóxicas, como ocurrió en Bhopal, la India, en 1984.

Energía emitida o absorbida

Si se libera más energía de la que se obtiene, los productos tienen menos energía que los reactantes y, por tanto, la reacción es exotérmica. Si se absorbe más energía de la que se emite, los reactantes tienen menos energía que los productos y la reacción es endotérmica.

ENERGÍA



Emisión neta de energía

Mezclar óxido de calcio con agua es un ejemplo de reacción exotérmica, porque durante la reacción se libera más energía (en forma de calor) de la que se absorbe. El resultado de la reacción es la emisión neta de energía.

ENERGÍA DE ACTIVACIÓN

ENERGÍA EMITIDA

REACCIÓN EXOTÉRMICA

Esta vez, la esquiadora tiene que subir una colina más alta, que simboliza una energía de activación mayor



COMPRIMIDO EFERVESCENTE

Cuando la saliva entra en contacto con el ácido cítrico y el bicarbonato de sodio de un comprimido efervescente, estos se disuelven y reaccionan, produciendo burbujas de dióxido de carbono. Como la reacción absorbe calor, la mezcla disuelta produce una sensación fresca en la lengua.

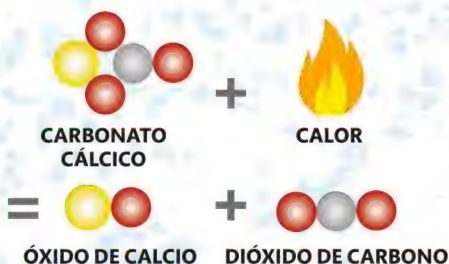


La esquiadora desciende una ladera más baja que la que ha ascendido; de la misma forma, la reacción libera una energía menor que la energía de activación que hizo falta para ponerla en marcha

EL CESIO ES TAN REACTIVO QUE ESTALLA EN LLAMAS AL CONTACTO CON EL AIRE

ENERGÍA DE ACTIVACIÓN

ENERGÍA ABSORBIDA



Absorción de energía neta

Calentar el carbonato de calcio es un ejemplo de reacción endotérmica, porque durante la reacción se absorbe más energía (en forma de calor) de la que se libera. El resultado de la reacción, por tanto, es la absorción de energía neta.

REACCIÓN ENDOTÉRMICA

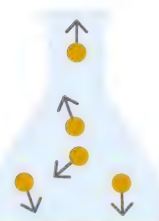
Velocidades de reacción

Las reacciones ocurren solo cuando los átomos de los reactantes colisionan con suficiente energía. Incrementar la temperatura, la concentración o el área de superficie de los reactantes, o reducir el volumen del recipiente, aumenta el número de colisiones y acelera la velocidad de reacción.

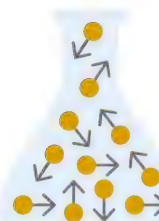
Incrementar la concentración

Al haber más reactantes, hay más colisiones entre átomos y la velocidad de reacción aumenta.

ANTES



DESPUÉS

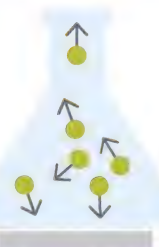


GASES Y LÍQUIDOS

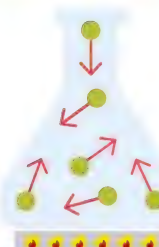
Incrementar la temperatura

Esto hace que los átomos se muevan con mayor rapidez, colisionando más a menudo y con más energía.

ANTES



DESPUÉS

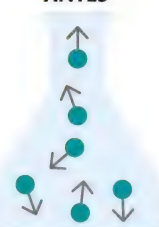


GASES, LÍQUIDOS Y SÓLIDOS

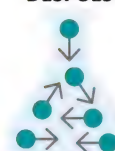
Reducir el volumen

En un recipiente más pequeño, los átomos están más apretados, lo que hace que colisionen más a menudo.

ANTES



DESPUÉS

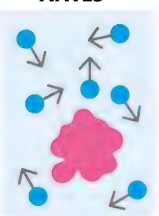


SOLO GASES

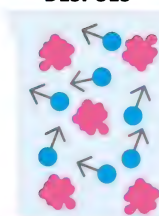
Aumentar el área de superficie de un reactante

Las colisiones en sólidos solo tienen lugar en la superficie; aumentar esa área incrementa la velocidad de reacción.

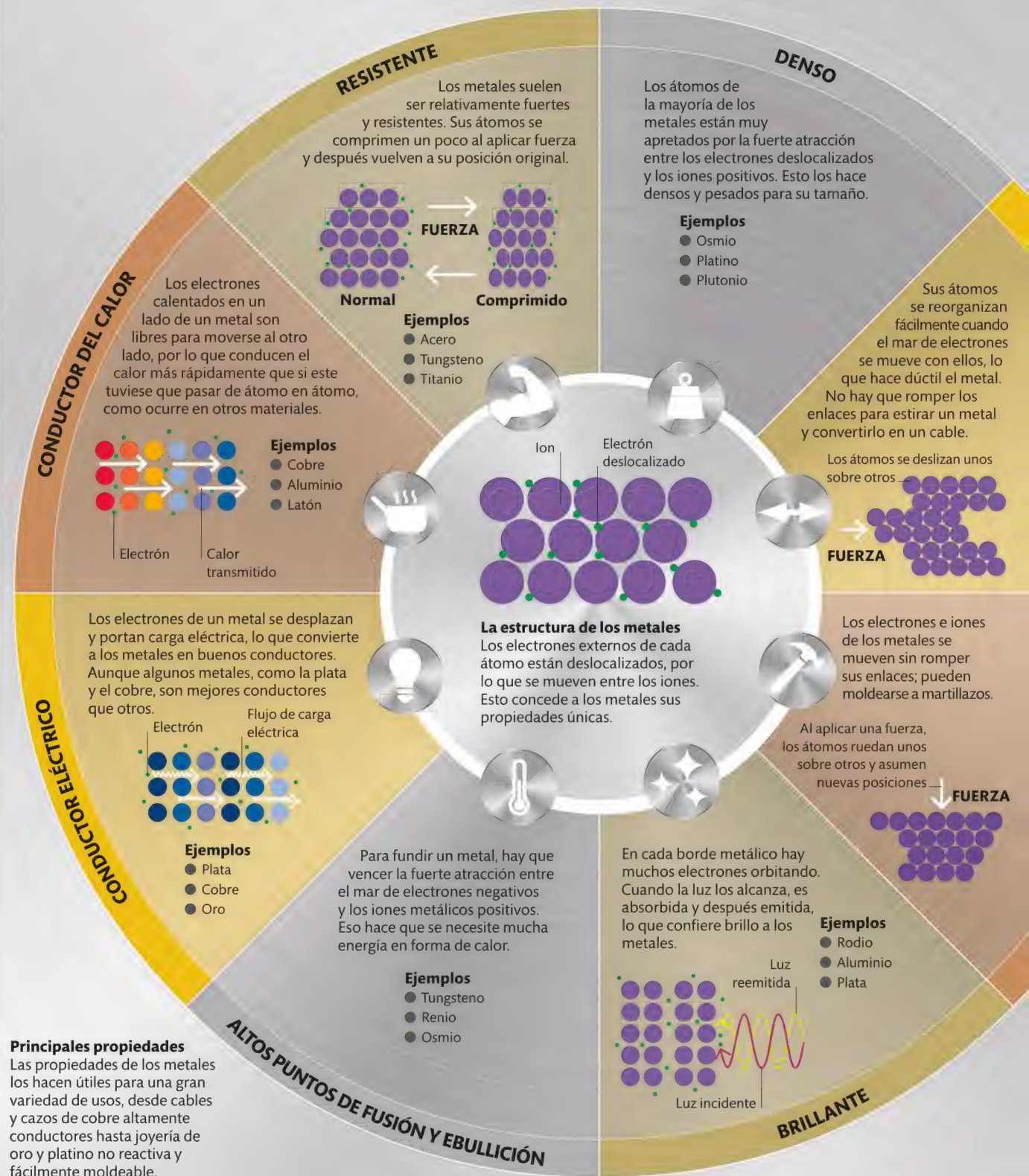
ANTES



DESPUÉS



SOLO SÓLIDOS





Metales

Los metales constituyen las tres cuartas partes de los elementos naturales de la Tierra y varían enormemente en cuanto a apariencia y comportamiento. Hay ciertas propiedades básicas, sin embargo, que la mayoría de ellos comparten.

Propiedades de los metales

Los metales son sustancias cristalinas, por lo que tienden a ser duros, brillantes y buenos conductores de la electricidad y el calor. Son densos, con puntos de fusión y ebullición altos, pero es fácil moldearlos con distintos métodos. No obstante, hay excepciones. El mercurio es líquido a temperatura ambiente porque sus electrones externos son muy estables, por lo que no tiende a enlazarse con otros átomos.

HERRUMBRE

Muchos metales son altamente reactivos, sobre todo los del grupo 1 (ver pp. 34-35). La mayoría forman óxidos al combinarse con oxígeno. Por ejemplo, el hierro forma óxido de hierro –la herrumbre– cuando se expone al oxígeno del aire o del agua.

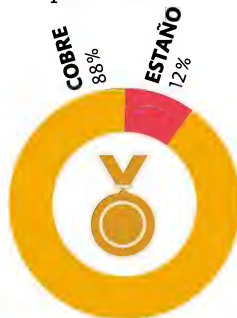


Aleaciones

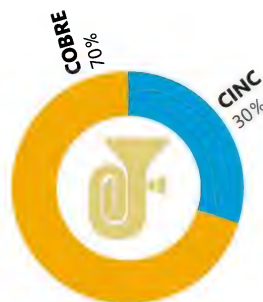
La mayoría de los metales puros son demasiado blandos, frágiles o reactivos para su uso práctico. Combinarlos o mezclarlos con no metales da lugar a aleaciones, a veces con propiedades mejoradas. Variar las proporciones y los metales cambia las propiedades de las aleaciones. Una aleación común es el acero, una mezcla de hierro, carbono y otros elementos. Añadir más carbono lo vuelve más duro, lo cual es útil para la construcción. Añadir cromo lo hace inoxidable. También puede mezclarse con otros elementos para incrementar su resistencia al calor, su durabilidad o su dureza y así poder usarlo para piezas de automóvil o para taladros.

Composición de las aleaciones

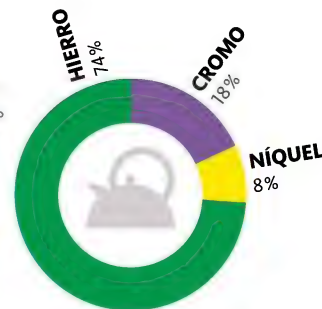
El cobre forma dos aleaciones comunes: el bronce (se le añade estaño para aumentar su dureza) y el latón (el cinc mejora la maleabilidad y durabilidad de la aleación). El acero inoxidable, otra aleación frecuente, tiene distintas composiciones.



BRONCE



LATÓN



ACERO INOXIDABLE TÍPICO

¿SON DE VERDAD DE ORO LAS MEDALLAS OLÍMPICAS?

En las medallas actuales, solo es de oro la capa exterior, que pesa unos 6 gramos. La última medalla olímpica de oro macizo se entregó en 1912.



Hidrógeno

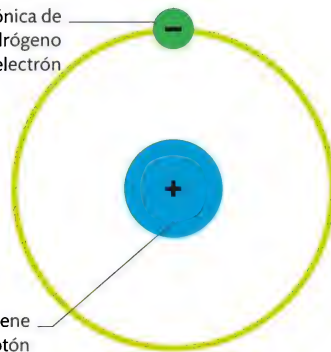
Se cree que el 90 por ciento del universo visible está hecho del elemento hidrógeno. Es vital para la vida en la Tierra, pues juega un papel crucial en la formación del agua y de los compuestos orgánicos llamados hidrocarburos. También tiene potencial como fuente de energía limpia para el futuro.

¿Qué es el hidrógeno?

El hidrógeno es el principal componente de las estrellas y de Júpiter, Saturno y Urano. En la Tierra, a presión y temperatura normales, es un gas incoloro, inodoro y sin sabor. Es altamente combustible y bastante reactivo, por lo que en la Tierra existe sobre todo en formas moleculares como el agua, combinado con oxígeno. El hidrógeno y el carbono forman millones de compuestos orgánicos llamados hidrocarburos, que constituyen la base de muchos seres vivos.

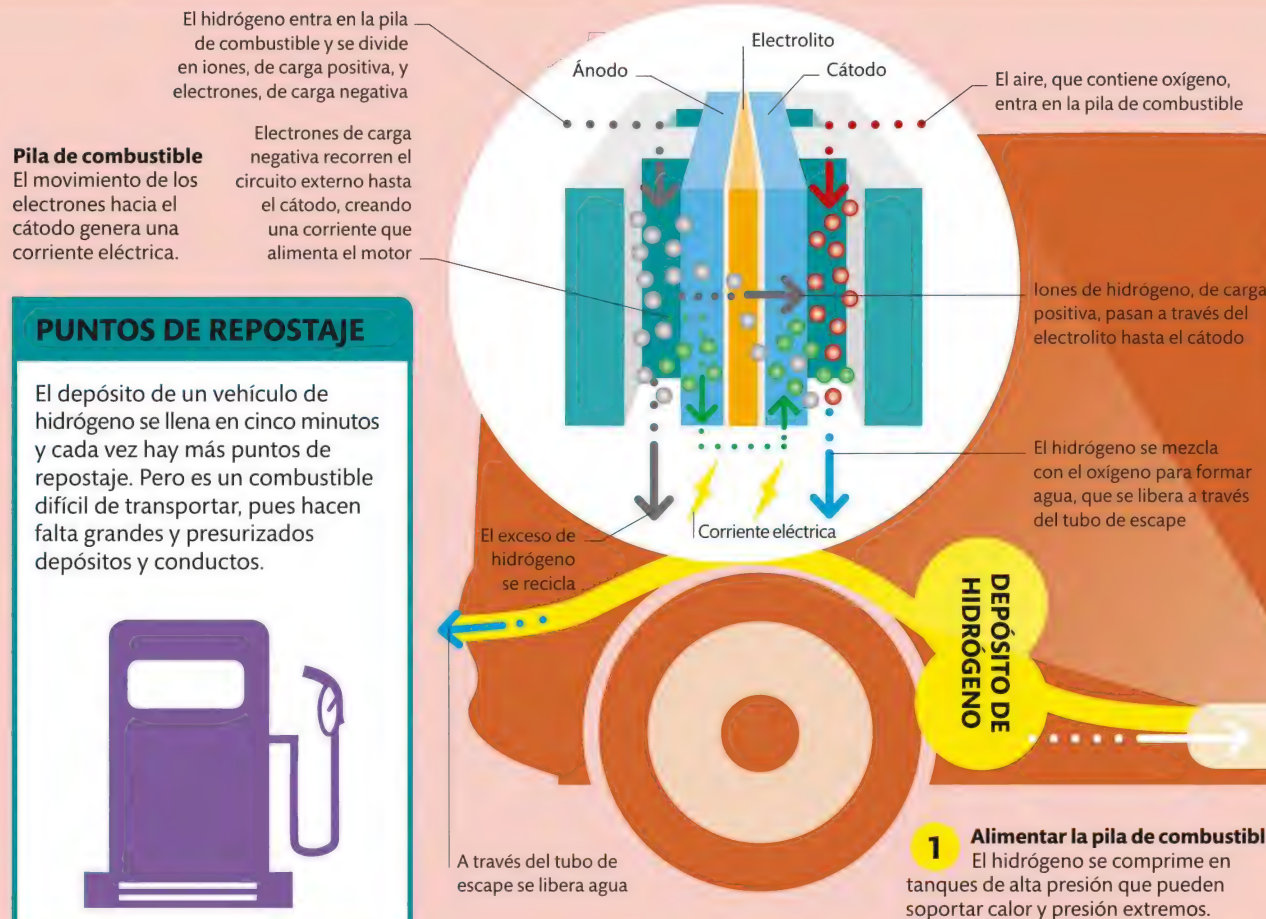
La capa electrónica de un átomo de hidrógeno tiene solo un electrón

El núcleo contiene un protón



El elemento más simple

El hidrógeno, que consta solo de un protón y un electrón, es el elemento más pequeño, ligero y simple de la tabla periódica (ver pp. 34-35). Pero puede reaccionar de formas complejas, formando diferentes tipos de enlaces atómicos y permitiendo interacciones entre ácidos y bases.



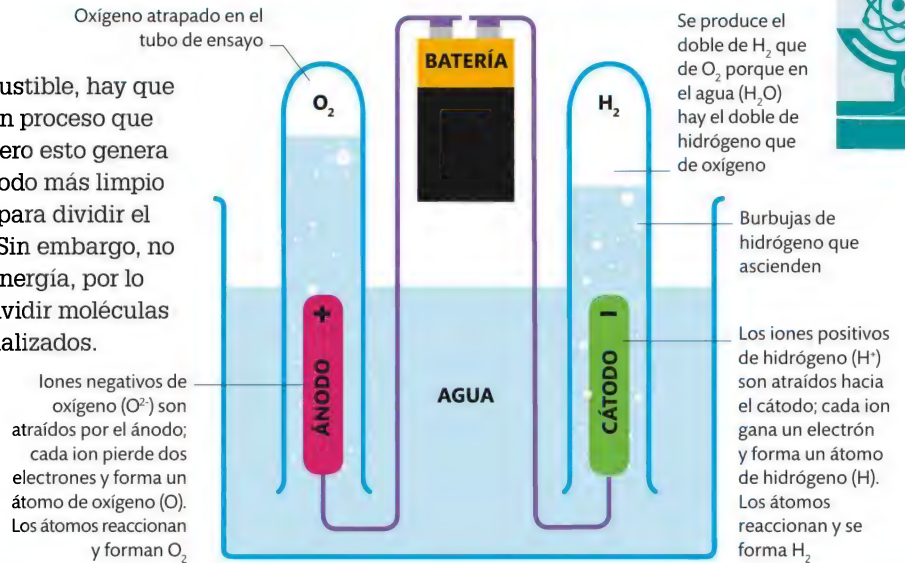


Aprovechar el hidrógeno

Antes de usar hidrógeno como combustible, hay que aislarlo. Puede extraerse mediante un proceso que hace reaccionar vapor con metano, pero esto genera gases de efecto invernadero. Un método más limpio llamado electrólisis usa electricidad para dividir el agua en sus átomos constituyentes. Sin embargo, no es muy eficiente y consume mucha energía, por lo que se buscan otros métodos para dividir moléculas de agua usando catalizadores especializados.

Cómo funciona la electrólisis

Aplicar electricidad al agua hace que los átomos de hidrógeno y oxígeno pierdan y ganen electrones, respectivamente, y se conviertan en partículas con carga (iones), que se desplazan hacia el ánodo y el cátodo, se reúnen con sus electrones y se convierten de nuevo en átomos de hidrógeno y oxígeno.



El combustible del futuro

Los vehículos de hidrógeno almacenan hidrógeno comprimido, que suministra a las pilas de combustible. En estas, el hidrógeno y el oxígeno producen una reacción electroquímica que genera electricidad para alimentar el motor del vehículo.

Vehículos impulsados por hidrógeno

La energía almacenada del hidrógeno lo convierte en una alternativa viable a la gasolina. Sin embargo, al ser un gas, contiene menos energía por unidad de volumen que la gasolina, por lo que hay que almacenarlo a presión. Esto hace necesario un equipamiento especial que precisa energía por lo que, a su vez, genera emisiones. Los científicos buscan mejores métodos de transporte y almacenamiento, como los hidruros metálicos, que contienen hidrógeno sólido que después se somete a una reacción química reversible (ver pp. 42-43) para liberar hidrógeno puro cuando se necesita.

Esto resuelve el problema del almacenamiento, pero introduce nuevos problemas, como el peso del compuesto.



2 Conversión en electricidad

La batería de pilas de combustible consta de cientos de pilas individuales. En cada una se combinan hidrógeno y oxígeno. El proceso es mucho más eficiente que la combustión en un vehículo con motor de gasolina.

3 Suministro del motor

Un motor eléctrico impulsa las ruedas directamente, por lo que es más silencioso que los de combustión interna. Desperdicia menos energía y el proceso es más eficiente.

Carbono

El elemento carbono constituye el 20 por ciento de todos los seres vivos, y sus átomos son los ladrillos de las moléculas más complejas conocidas por la ciencia. Ningún otro elemento posee semejante versatilidad estructural.

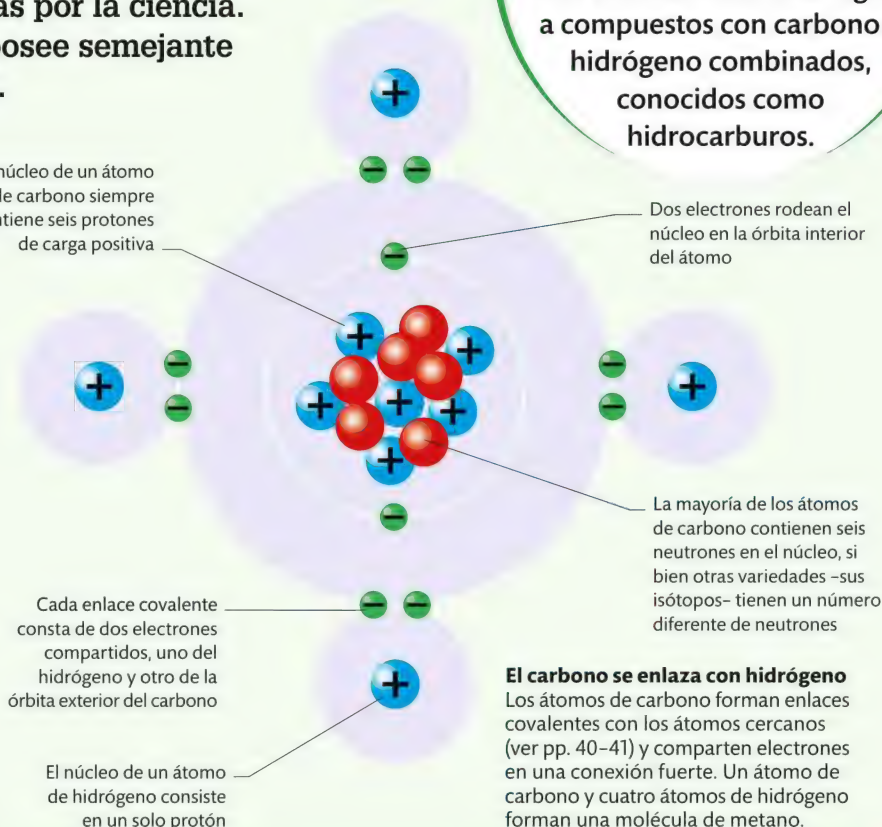
¿Por qué el carbono es tan especial?

Los átomos de carbono se enlazan muy fácilmente con otros y forman una enorme variedad de formas moleculares. Cada átomo posee cuatro electrones externos que pueden formar cuatro enlaces fuertes. Los átomos de carbono se enlazan con átomos de hidrógeno, más pequeños, o entre sí, pero otros elementos pueden entrar en la mezcla. El resultado son moléculas con un «esqueleto» de carbono y una «piel» de hidrógeno: desde el simple metano, que tiene un solo átomo de carbono, a larguísimas cadenas.

El núcleo de un átomo de carbono siempre contiene seis protones de carga positiva

¿QUÉ SIGNIFICA ORGÁNICO?

En química, las sustancias orgánicas son aquellas que contienen carbono. El término está normalmente restringido a compuestos con carbono e hidrógeno combinados, conocidos como hidrocarburos.

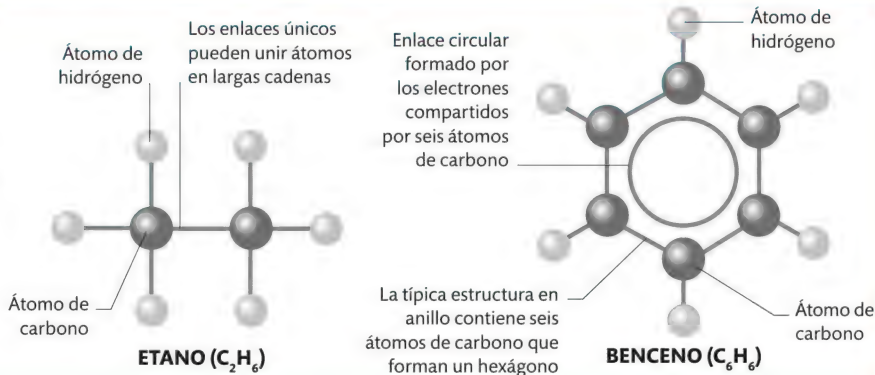


El carbono se enlaza con hidrógeno

Los átomos de carbono forman enlaces covalentes con los átomos cercanos (ver pp. 40–41) y comparten electrones en una conexión fuerte. Un átomo de carbono y cuatro átomos de hidrógeno forman una molécula de metano.

CADENAS Y ANILLOS

El carbono tiene muchas formas de enlazarse y formar moléculas con otros átomos. Cada forma es un compuesto químico único con propiedades particulares. La cadena más corta es el etano (C_2H_6), un gas natural con dos átomos de carbono. Cuando una cadena de carbono es lo bastante larga, sus extremos se unen y forman un anillo, como en el benceno (C_6H_6), un componente líquido del petróleo crudo.



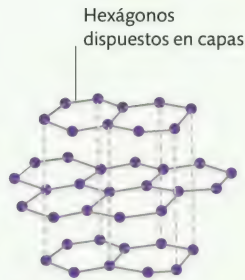


Alótropos del carbono

Los átomos de algunos elementos en sus formas más puras pueden unirse de varias maneras y generar diferentes estados físicos llamados alótropos. El carbono sólido tiene tres alótropos: la estructura como de hojaldré del grafito, los cristales ultraduros del diamante y la «jaula» hueca de los fullerenos.

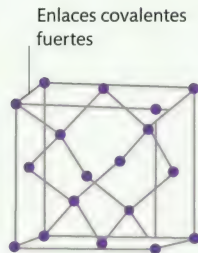
Grafito

Las finas capas del grafito se deben a que sus átomos están dispuestos en láminas y se deslizan unos sobre otros. Cada átomo tiene tres enlaces en lugar de cuatro; el electrón sobrante se mueve libremente, lo que hace que el grafito sea conductor.



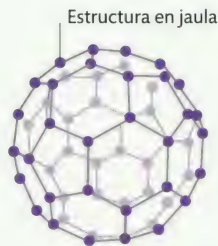
Diamante

Los átomos de un diamante están dispuestos en un cristal de tres dimensiones, cada átomo ligado a otros cuatro. Esto hace que la estructura sea muy dura y resistente. No hay electrones libres, por lo que, a diferencia del grafito, el diamante no conduce electricidad.



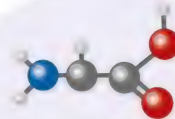
Fullerenos

Los fullerenos tienen sus átomos dispuestos en forma de «jaulas» esféricas o tubulares. Aunque la estructura es hueca, es rígida y fuerte y su particular organización atómica tiene muchas aplicaciones, como reforzar el grafito de las raquetas de tenis.



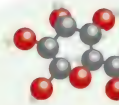
Las piezas básicas de la vida

Las moléculas de carbono más complejas están en los seres vivos. En estos, el carbono se enlaza con oxígeno, nitrógeno y otros elementos y forma biomoléculas, las moléculas de la vida. La mayoría de estas pertenecen a cuatro grandes grupos: proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos. Todos se forman mediante un complejo conjunto de reacciones llamado metabolismo.



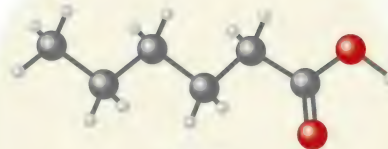
Proteínas

Los aminoácidos, que contienen carbono, crean proteínas, cadenas que forman tejidos como los músculos y aceleran las reacciones en las células.



Carbohidratos

El carbono es parte crucial de los carbohidratos, como los azúcares, los más simples, que liberan energía al descomponerse.



Lípidos

Los lípidos –grasas y aceites– contienen moléculas llamadas ácidos grasos que se componen de carbono, hidrógeno y oxígeno. Muchas funcionan como almacenes de energía.

La estructura del ADN está formada por azúcares




Ácidos nucleicos

Los ácidos nucleicos –como el ADN– son moléculas complejas que portan información genética; están hechos de nitrógeno, fósforo y carbono.

CLAVE

- Carbono
- Hidrógeno
- Oxígeno
- Nitrógeno

EL DIAMANTE CULLINAN
–EL MÁS GRANDE DEL
 **MUNDO– PESA**
621,35 G

Aire

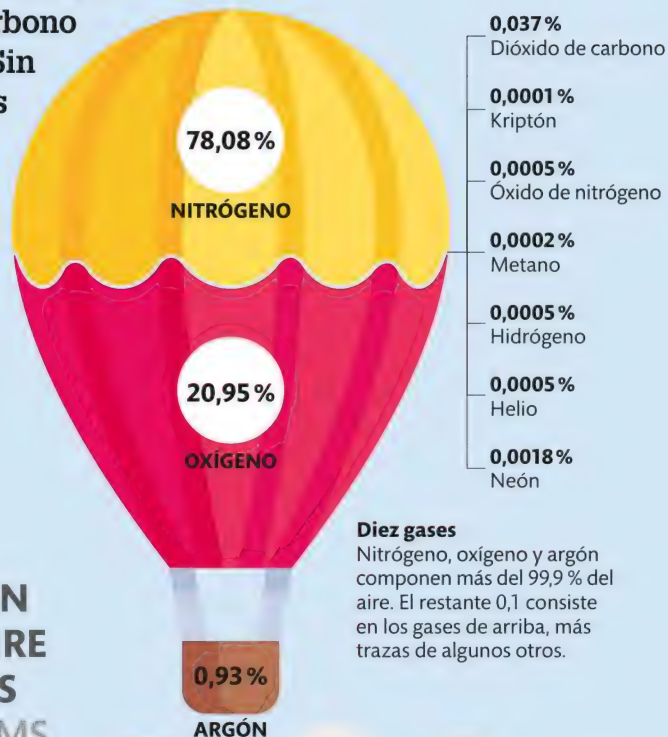
El aire es la mezcla de gases de la atmósfera. Es vital para la vida, pues proporciona oxígeno para que los animales respiren y el dióxido de carbono que las plantas usan en la fotosíntesis. Sin embargo, si se contamina, afecta a estos procesos y puede dañar nuestra salud.

La composición del aire

El aire está compuesto sobre todo de nitrógeno, con un 20 por ciento de oxígeno, un 1 por ciento de argón y pequeñas cantidades de otros gases, como dióxido de carbono (CO_2). La proporción de vapor de agua depende de la localización: en ciertas zonas está ausente pero en climas húmedos puede alcanzar hasta el 5 por ciento. El comportamiento humano cambia la composición del aire, sobre todo aumentando la proporción de CO_2 .



EL 92 % DE LA POBLACIÓN DEL MUNDO RESPIRA AIRE QUE SUPERA LOS LÍMITES DE SEGURIDAD FIJADOS POR LA OMS



Diez gases

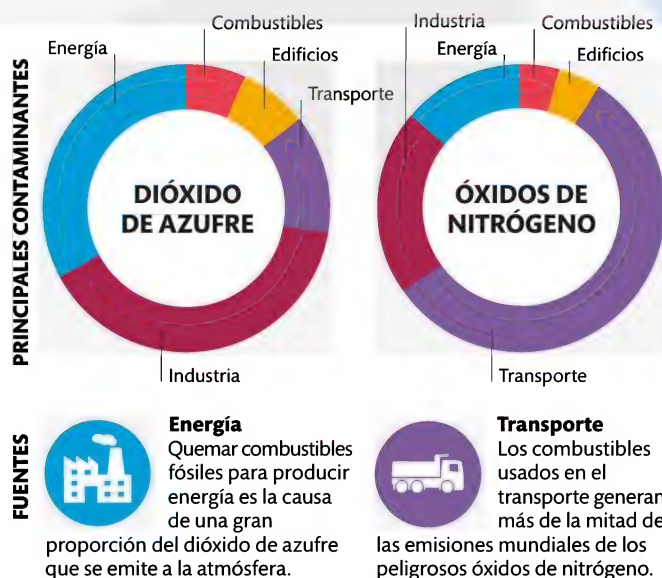
Nitrógeno, oxígeno y argón componen más del 99,9 % del aire. El restante 0,1 consiste en los gases de arriba, más trazas de algunos otros.

Polución atmosférica

La polución atmosférica es un grave problema. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el aire contaminado causa más muertes que la tuberculosis, el VIH/sida y los accidentes de tráfico juntos. En los países en vías de desarrollo, la mayor fuente de polución atmosférica es la quema de madera y otros combustibles. En las ciudades, los vehículos y las emisiones de casas y fábricas pueden crear zonas de alta polución que agravan el asma y otras enfermedades respiratorias. Las partículas y gotitas en suspensión en el aire contaminado son muy nocivas cuando las respiramos y entran en nuestros pulmones.

Principales contaminantes y sus fuentes

Hay seis contaminantes principales que se liberan directamente a la atmósfera y seis fuentes principales de contaminantes. Este gráfico de colores muestra cuánto de cada contaminante procede de cada fuente.





El color cambiante del cielo

El color de la luz visible depende de las ondas que llegan a nuestros ojos. La luz azul, de corta longitud de onda, es la que más dispersan las partículas atmosféricas. Esto crea el efecto del cielo azul de día (ver p. 107). La luz roja y naranja, de mayor longitud de onda, es la que menos se dispersa, por lo que no es visible de día pero sí al atardecer, cuando el Sol está bajo. Los atardeceres rojos de las ciudades se deben en gran medida a las partículas en suspensión de los motores de combustión interna, que dispersan los colores violeta y azul y potencian el rojo.

Atardecer rojo

Al atardecer, el ángulo bajo del Sol hace que su luz atraviese más atmósfera, por lo que solo se ve la luz roja y naranja.



POLUCIÓN EN EL HOGAR

El aire de nuestras casas puede estar también contaminado. El benceno del tabaco, de la pintura y de las velas aromatizadas; el dióxido de nitrógeno de la combustión incompleta de las estufas de gas, y el formaldehído de la gomaespuma de algunos muebles son peligrosos para nuestra salud. Aumentar el número de plantas en casa ayuda a absorber sustancias tóxicas y los purificadores de aire son cada vez más eficaces.



Arder y explotar

El fuego ha permitido al ser humano cocinar, alejar a los animales peligrosos, generar electricidad... Pero el fuego puede causar un gran daño si no se controla, y una simple combustión puede convertirse en una gran explosión, por lo que es crucial entender cómo funciona el fuego.

Combustión

La combustión es una reacción química. Un combustible, normalmente un hidrocarburo, como el carbón o el metano, reacciona con el oxígeno del aire y libera energía en forma de luz y calor. En una combustión total, con mucho oxígeno, se producen dióxido de carbono y agua. Una vez que la combustión ha comenzado, continúa hasta que alguien la extingue o hasta que el combustible o el oxígeno se acaban.

 **UN INCENDIO FORESTAL PUEDE ALCANZAR TEMPERATURAS DE MÁS DE 800 °C**

COMBUSTIÓN ESPONTÁNEA

Para iniciar una combustión, se suele necesitar introducir energía en forma de chispa o de llama. Sin embargo, algunas sustancias –el heno, ciertos aceites y elementos reactivos como el rubidio– pueden arder de forma espontánea si se calientan lo suficiente.



HENO Y PAJA



ACEITE DE LINAZA



RUBIDIO

Óxido de nitrógeno de la combustión de impurezas en el carbón

Oxígeno en el aire

Carbón ardiendo

La combustión completa del carbón genera dióxido de carbono. Si el oxígeno no llega de manera uniforme, la combustión es incompleta y se genera monóxido de carbono. Las impurezas del carbón se liberan en forma de dióxido de azufre y de óxido de nitrógeno.



Dióxido de azufre de la combustión de impurezas en el carbón

Monóxido de carbono de la combustión incompleta del carbono en el carbón

Dióxido de carbono

Carbono en el carbón



Extinguir un fuego

El fuego necesita tres cosas para arder: calor, combustible y oxígeno (a menudo en forma de aire). Eliminar una de las tres apaga un fuego. Sin embargo, determinar el mejor método de extinción depende del tipo de fuego. Por ejemplo, el agua, en un fuego eléctrico, puede causar electrocución y, en un fuego de aceite o grasa, puede hacer que estos se extiendan.

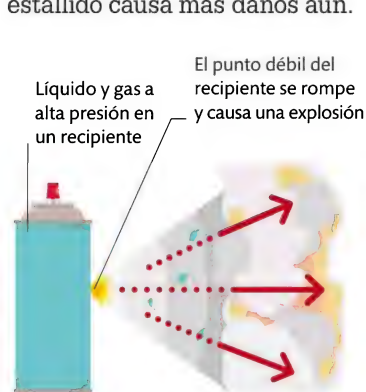


Explosiones

Una explosión es una súbita emisión de calor, luz, gas y presión. Las explosiones ocurren mucho más rápidamente que las combustiones. El calor de una explosión no puede disiparse y los gases liberados se expanden muy deprisa, creando una onda de choque que se aleja de la explosión y que puede ser lo bastante fuerte como para causar daños a propiedades. La metralla impulsada por el estallido causa más daños aún.

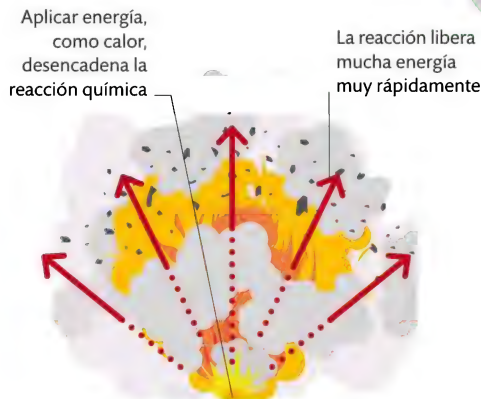
¿SE PUEDE HUIR DE UNA EXPLOSIÓN?

No, pues en las explosiones químicas, el material expelido por la explosión se mueve a más de 8 km/s, mucho más deprisa de lo que nadie puede correr.



Explosión física

Un punto débil en un recipiente presurizado puede romperse y permitir que escape su contenido. Al decrecer la presión, los gases se extienden muy rápidamente y se produce una explosión.



Explosión química

Las explosiones químicas están causadas por reacciones rápidas que liberan mucho gas y calor. La reacción se desencadena por calor, como en la pólvora, o por un impacto, como en la nitroglicerina.



Explosión nuclear

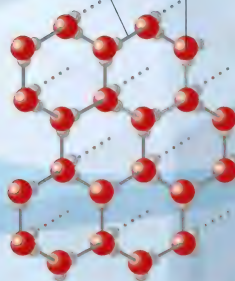
Una explosión nuclear puede ocurrir por fisión (división) o por fusión (unión) de núcleos atómicos. Ambas producen mucha energía muy rápidamente, además de lluvia radiactiva.

Hielo

Cuando el agua se enfría, sus moléculas se ralentizan, permitiendo que se formen más enlaces de hidrógeno. Estos enlaces mantienen las moléculas alejadas a medida que el agua se enfría y las fija en una estructura abierta. Por eso el agua se expande al congelarse.

Se forman más enlaces de hidrógeno

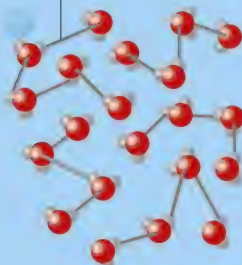
Las moléculas se estiran y causan expansión



Agua

En estado líquido, sus enlaces de hidrógeno se forman y se rompen sin cesar al moverse las moléculas unas junto a otras. Sin estos enlaces, el agua sería un gas a temperatura ambiente.

Al moverse las moléculas, los enlaces se rompen

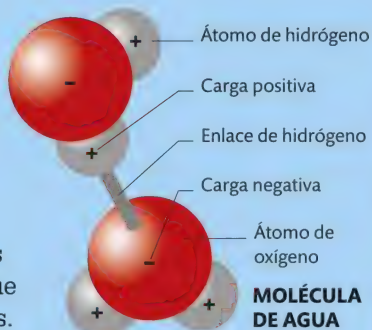


Agua

Puede que el agua sea una sustancia cotidiana, pero aun así es extraordinaria. Es la única que existe como sólido, líquido y gas a temperaturas normales y la única cuyo estado sólido es menos denso que su estado líquido.

Propiedades únicas

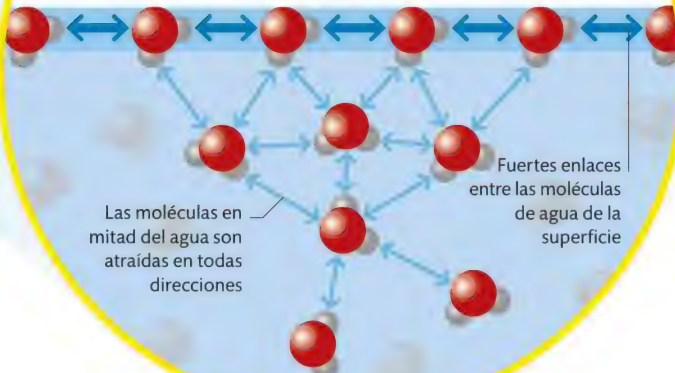
Cada molécula de agua consta de dos átomos de hidrógeno enlazados con un átomo de oxígeno. Un lado de la molécula (donde está el oxígeno) tiene carga negativa débil, y el otro lado tiene una pequeña carga positiva. Esas cargas diferentes hacen que se formen enlaces de hidrógeno entre las moléculas, lo que dota al agua de sus propiedades únicas.





TENSIÓN SUPERFICIAL

El agua prefiere formar enlaces consigo misma que con el aire. Como resultado, las moléculas de agua de la superficie forman enlaces más fuertes con las moléculas de agua vecinas en lugar de enlazarse con el aire. Esto crea una capa en la superficie lo bastante fuerte como para que pequeños insectos caminen por encima de ella.



AGUA EN EL CUERPO

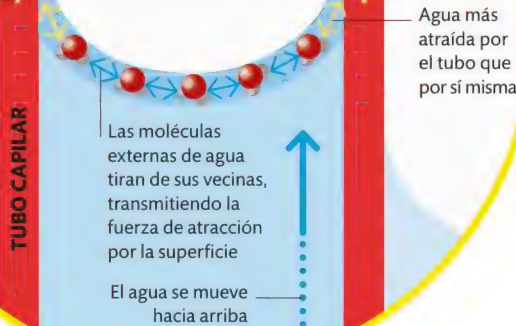
El agua constituye el 60 por ciento del peso corporal en los hombres y el 55 por ciento en las mujeres. La cantidad es menor en estas porque tienen más grasa corporal, que contiene menos agua que tejido magro. De promedio, necesitamos entre 1,5 y 2 litros de agua al día para reponer lo que perdemos con la orina, el sudor y la respiración, aunque su cantidad exacta depende del clima y del nivel de actividad.



ACCIÓN CAPILAR

La atracción de las moléculas de agua por ciertas superficies depende del material. En un fino tubo de vidrio, el agua asciende porque la atracción entre las moléculas de vidrio y de agua es más fuerte que la atracción entre las propias moléculas de agua.

Cuanto más estrecho es el tubo, más asciende el agua



¿POR QUÉ A VECES EL AGUA ES AZUL?

El agua absorbe luz con longitudes de onda largas, en el extremo rojo del espectro, por lo que la luz restante, la que vemos, consiste en ondas más cortas, en el extremo azul del espectro.

AL CONGELARSE,
EL AGUA SE
EXPANDE EN
VOLUMEN
EN UN **9 %**

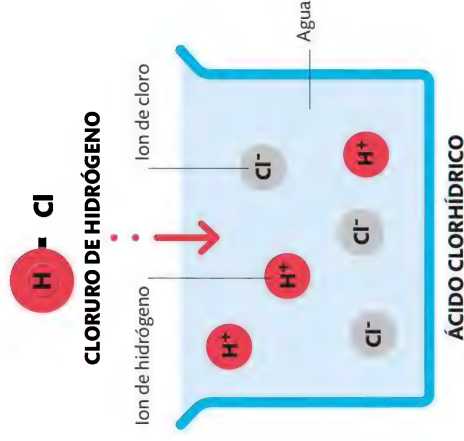


Ácidos y bases

Aunque en términos químicos los ácidos y las bases tienen efectos opuestos, los conocemos a ambas como peligrosas sustancias corrosivas. La fuerza de los ácidos y las bases varía ampliamente.

¿Qué es un ácido?

Los ácidos son sustancias que, al disolverse en agua, liberan sus átomos de hidrógeno como iones de hidrógeno de carga positiva. Cuantos más iones libera un ácido, más potente es. Por ejemplo, el gas de cloruro de hidrógeno forma la solución ácido clorhídrico, uno de los ácidos más potentes, cuya concentración de iones de hidrógeno es mil veces mayor que las de los ácidos más débiles de algunas frutas.



LLUVIA ÁCIDA

El efecto corrosivo de un ácido lo causan sus iones de hidrógeno: estas partículas altamente reactivas descomponen otros materiales. El dióxido de azufre, un gas contaminante generado por la industria, reacciona con el agua de la atmósfera y forma ácido sulfúrico. Este cae como lluvia ácida y corroe los edificios de piedra caliza y mata el follaje de árboles y otras plantas.



¿Qué es una base?

Las bases, químicamente, son sustancias antagonistas (opuestas) a los ácidos, pero tan reactivas como estos. Los contrarrestan neutralizando sus iones de hidrógeno. La piedra caliza es una base porque reacciona de esa forma. Las bases más potentes, como el hidróxido de sodio (sosa cáustica), al disolverse en agua reciben el nombre de álcalis. En el agua, liberan partículas con carga negativa llamadas iones de hidróxido.

Reacciones ácido-base

La reacción entre un ácido y una base produce agua y una sal. El tipo de sal formada depende de los tipos de ácido y base de la reacción. El ácido clorhídrico y el hidróxido de sodio, al reaccionar, forman cloruro de sodio (sal de mesa común) y sus iones de hidróxido y de hidrógeno se unen en forma de agua.

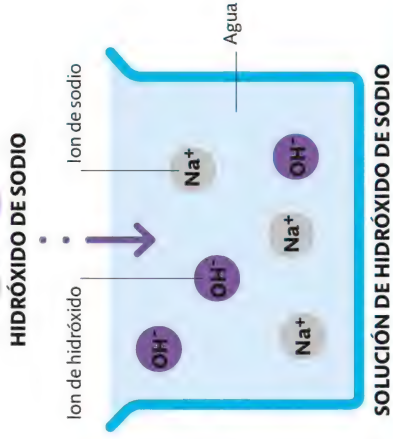
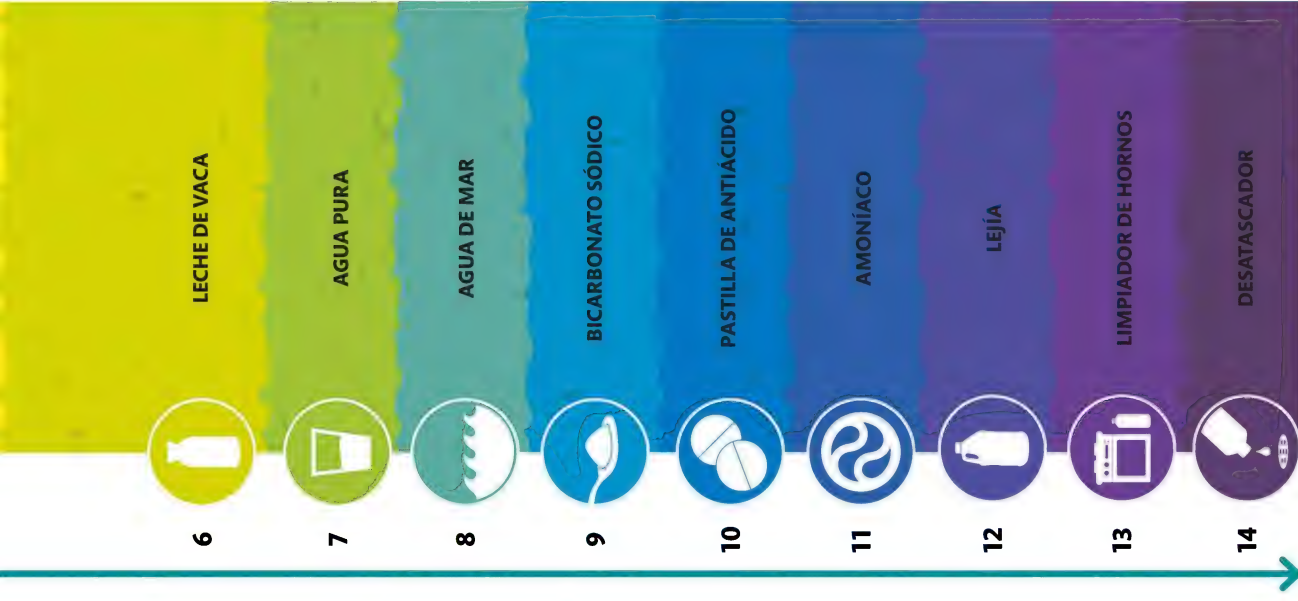


¿POR QUÉ LOS ÁCIDOS Y LOS ÁLCALIS QUEMAN?

Los ácidos y los álcalis dañan la proteína de la piel y matan células cutáneas. A diferencia de los ácidos, los álcalis también licúan el tejido, lo que hace que penetren más profundamente y sean más dañinos que los ácidos.

Medir la acidez

La escala pH es una medida de la acidez o la fuerza alcalina de una sustancia. Va desde el 0 para los ácidos fuertes al 14 para los álcalis fuertes. En cada grado de la escala, la concentración de iones de hidrógeno es diez veces inferior. Se usa un pigmento, llamado indicador, para medir el pH de una sustancia. Al reaccionar con el indicador, produce colores que van desde el rojo del pH 0 al púrpura del pH 14, pasando por el verde, que representa el pH 7 (neutro).

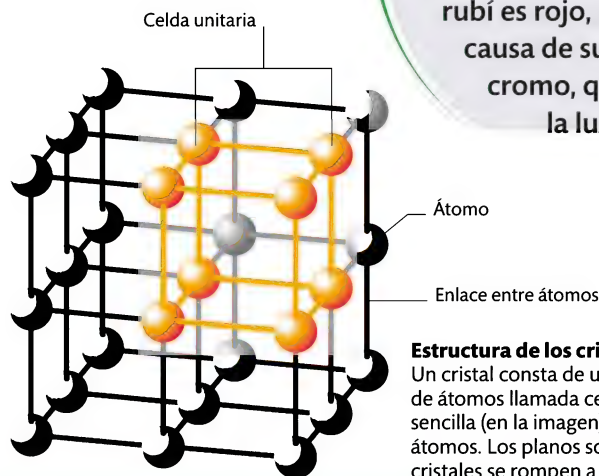


Cristales

Desde la piedra preciosa más dura al más fugaz y delicado copo de nieve, la estructura de un cristal puede ser algo muy hermoso. Esta propiedad proviene de la precisa organización microscópica de sus átomos u otras partículas.

¿Qué es un cristal?

Los sólidos cristalinos (ver p. 14) se componen de partículas muy bien ordenadas en un patrón de átomos, iones o moléculas que se repite. Esto contrasta con los materiales amorfos (no cristalinos), como el polietileno o el vidrio (ver pp. 70-71), en los que las partículas se unen de forma aleatoria. Algunos sólidos, como casi todos los metales, son cristalinos solo en parte: contienen muchos cristales diminutos llamados granos, pero estos están unidos de manera aleatoria.



¿POR QUÉ ALGUNOS CRISTALES TIENEN COLOR?

Como cualquier sustancia, los cristales se colorean si sus átomos reflejan o absorben determinadas longitudes de onda de la luz. El rubí es rojo, por ejemplo, a causa de sus átomos de cromo, que reflejan la luz roja.

Estructura de los cristales

Un cristal consta de una unidad repetida de átomos llamada celda unitaria. La más sencilla (en la imagen) es un cubo de ocho átomos. Los planos son paralelos y los cristales se rompen a lo largo de estos.

Cristales minerales

Los minerales cristalizan en la roca del fondo de la Tierra por procesos geológicos. Los cristales se forman cuando la roca fundida se solidifica o cuando los fragmentos sólidos se recrystalizan por el calor y la presión. También pueden formarse en una solución, cuando el agua deposita minerales disueltos en concentración excesiva. Si una cristalización así es estable durante mucho tiempo (ver derecha), los cristales pueden alcanzar un gran tamaño.

 **HAY CRISTALES GIGANTES NATURALES DE YESO QUE PESAN HASTA 50 TONELADAS**



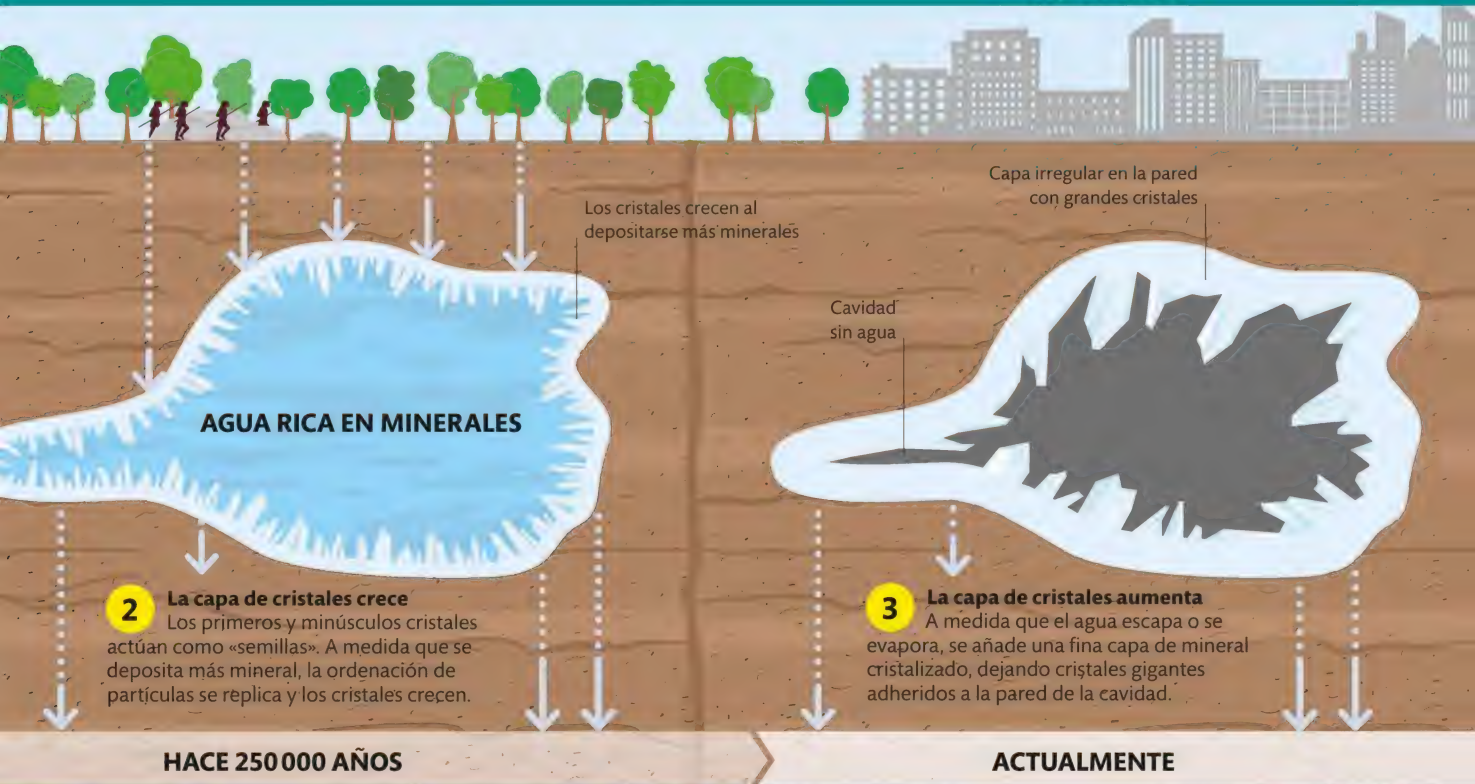
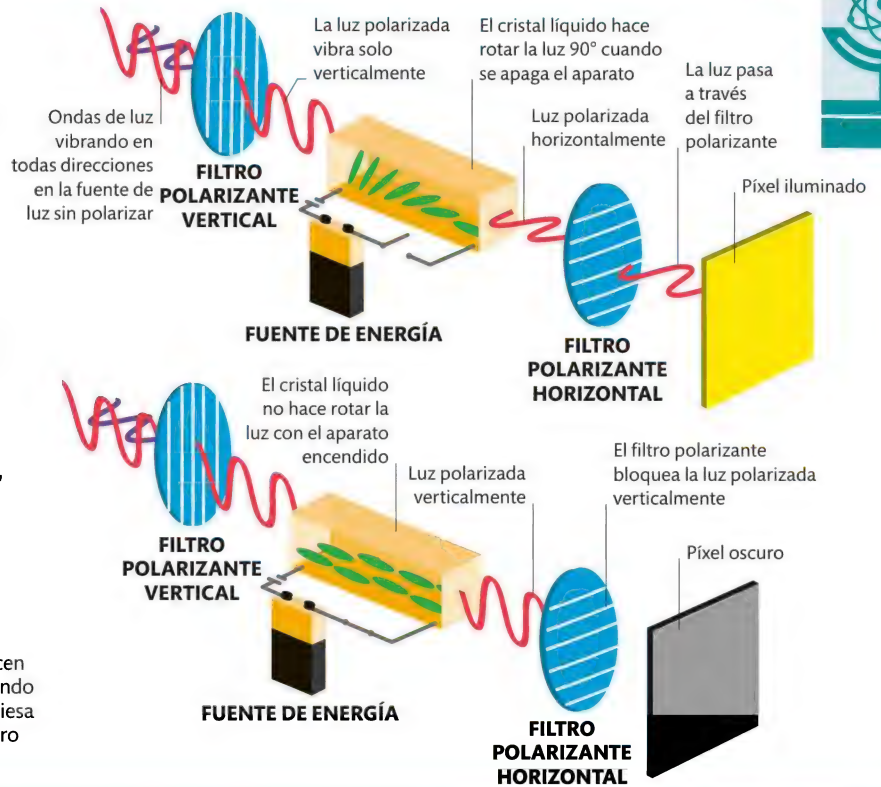


Cristales líquidos

Algunos materiales fluyen pero tienen propiedades cristalinas. Estos cristales líquidos se encuentran en un estado entre líquido y sólido. Sus partículas están ordenadas, pero también pueden girar de modo que apunten en diferentes direcciones. Como las partículas en los cristales sólidos, afectan a la transmisión de la luz. Las moléculas rotatorias pueden «curvar» la luz polarizada (que vibra en una dirección). Esta propiedad forma la base de las pantallas de cristal líquido, en las que la electricidad controla la alineación de las moléculas para iluminar unos píxeles y no otros.

Pantalla de cristal líquido

En «reposo», las moléculas de cristal líquido hacen rotar la luz polarizada para iluminar un píxel. Cuando una corriente eléctrica las alinea, la luz las atraviesa recta: su vibración vertical se bloquea por el filtro horizontal, dando un píxel oscuro.

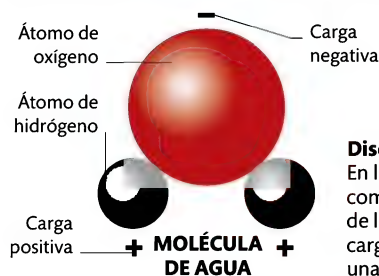


Soluciones y disolventes

La sal o el azúcar parecen desaparecer cuando se añaden al agua, pero su sabor permanece, prueba de que se han disuelto en el agua y están repartidos en la solución.

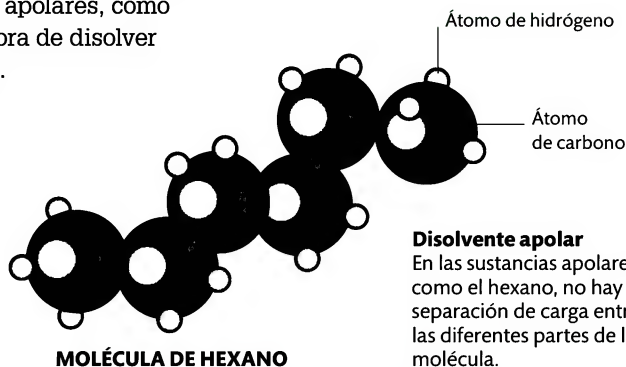
Tipos de disolvente

Cuando una sustancia se disuelve en otra, la sustancia que disuelve recibe el nombre de disolvente. Hay dos clases principales de disolventes: polares y apolares. Los disolventes polares, como el agua, poseen una pequeña diferencia de carga eléctrica en sus moléculas, la cual interactúa con las cargas opuestas de los solutos polares. Los disolventes apolares, como el hexano, carecen de esta carga y son eficientes a la hora de disolver átomos y moléculas sin carga, como el aceite y la grasa.



Disolvente polar

En las sustancias polares, como el agua, una parte de la molécula porta una carga negativa y la otra, una carga positiva.

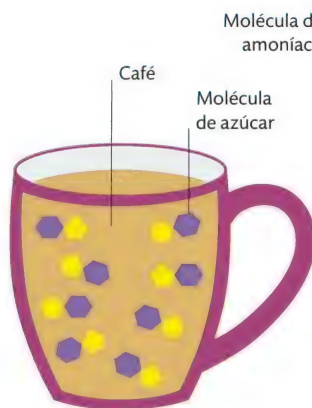


Disolvente apolar

En las sustancias apolares, como el hexano, no hay separación de carga entre las diferentes partes de la molécula.

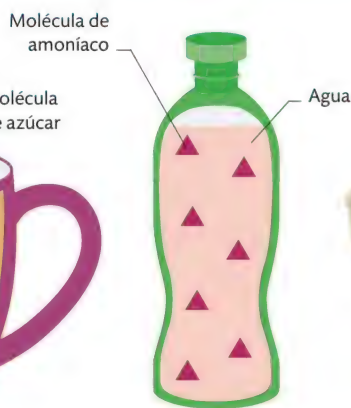
Tipos de solución

Cuando un soluto se disuelve en un disolvente y forma una solución, las dos sustancias se mezclan de manera tan perfecta que sus partículas (átomos, moléculas o iones) se entremezclan por completo. Sin embargo, las partículas no cambian químicamente. Las soluciones de sólidos en líquidos son la forma más conocida de solución, pero también hay otras, como gases en líquidos y sólidos en sólidos. Cuando un soluto se disuelve, la solución resultante tiene el mismo estado (líquido, sólido o gaseoso) que el disolvente.



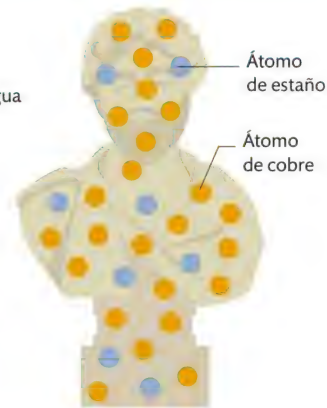
Sólido en líquido

El café azucarado es una solución de un sólido (azúcar) disuelto en un líquido (café: agua con moléculas de sabor).



Gas en líquido

El gas amoníaco se disuelve fácilmente en agua y forma una solución alcalina con la que se elaboran algunos limpiadores domésticos.



Sólido en sólido

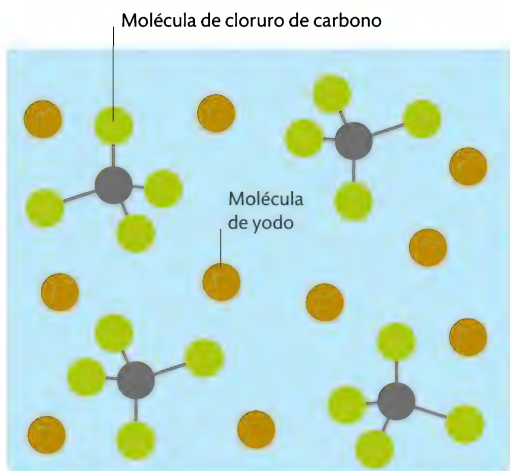
El bronce es una solución de estaño en cobre. El cobre es el disolvente, porque hay más que estaño, un 88 por ciento, contra un 12 por ciento de estaño.



Lo parecido disuelve lo parecido

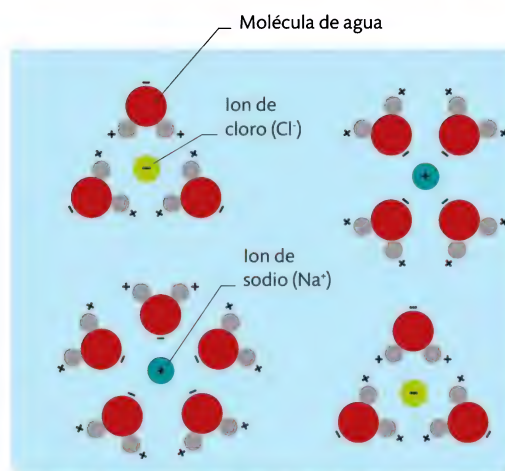
Los disolventes polares disuelven solutos polares porque sus cargas opuestas se atraen y crean enlaces débiles. El agua es polar porque sus átomos de oxígeno son ligeramente positivos. Las sustancias apolares no pueden mezclarse con sustancias polares, por eso el aceite y el agua no se mezclan. Solo las partículas polares pueden combinarse para formar una solución.

SE DICE QUE EL AGUA
ES EL DISOLVENTE
UNIVERSAL PORQUE
DISUELVE MÁS
SUSTANCIAS QUE
NINGÚN OTRO LÍQUIDO



Soluto apolar en disolvente apolar

Los disolventes apolares, como el cloruro de carbono, pueden disolver solutos apolares, como el yodo, pero no solutos polares.

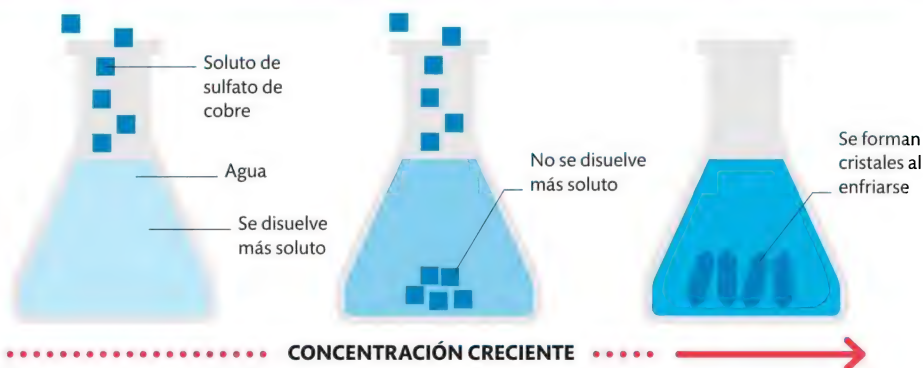


Soluto polar en disolvente polar

Los disolventes polares, como el agua, pueden disolver sustancias que poseen carga, como la sal de mesa (cloruro sódico, NaCl) y el azúcar.

Solubilidad

La solubilidad es el grado en que se disuelve una sustancia. Varía según la temperatura y, en los gases, de la presión. Así, en agua caliente se disuelve más azúcar que en agua fría, y cuanto más alta es la presión de un gas, más se disolverá en un líquido. La máxima cantidad de soluto que puede disolverse en una cantidad de disolvente a una temperatura y presión específicas recibe el nombre de punto de saturación.



Solución insaturada

En una solución insaturada, se disuelve más soluto (en este caso, cristales de sulfato de cobre) en el disolvente.

Solución saturada

En una solución saturada, la máxima cantidad de soluto se ha disuelto ya a esa temperatura.

Solución sobresaturada

Al calentarla, se disuelve más soluto. Enfriarla de prisa deja la solución sobresaturada antes de que los cristales se solidifiquen.

Catalizadores

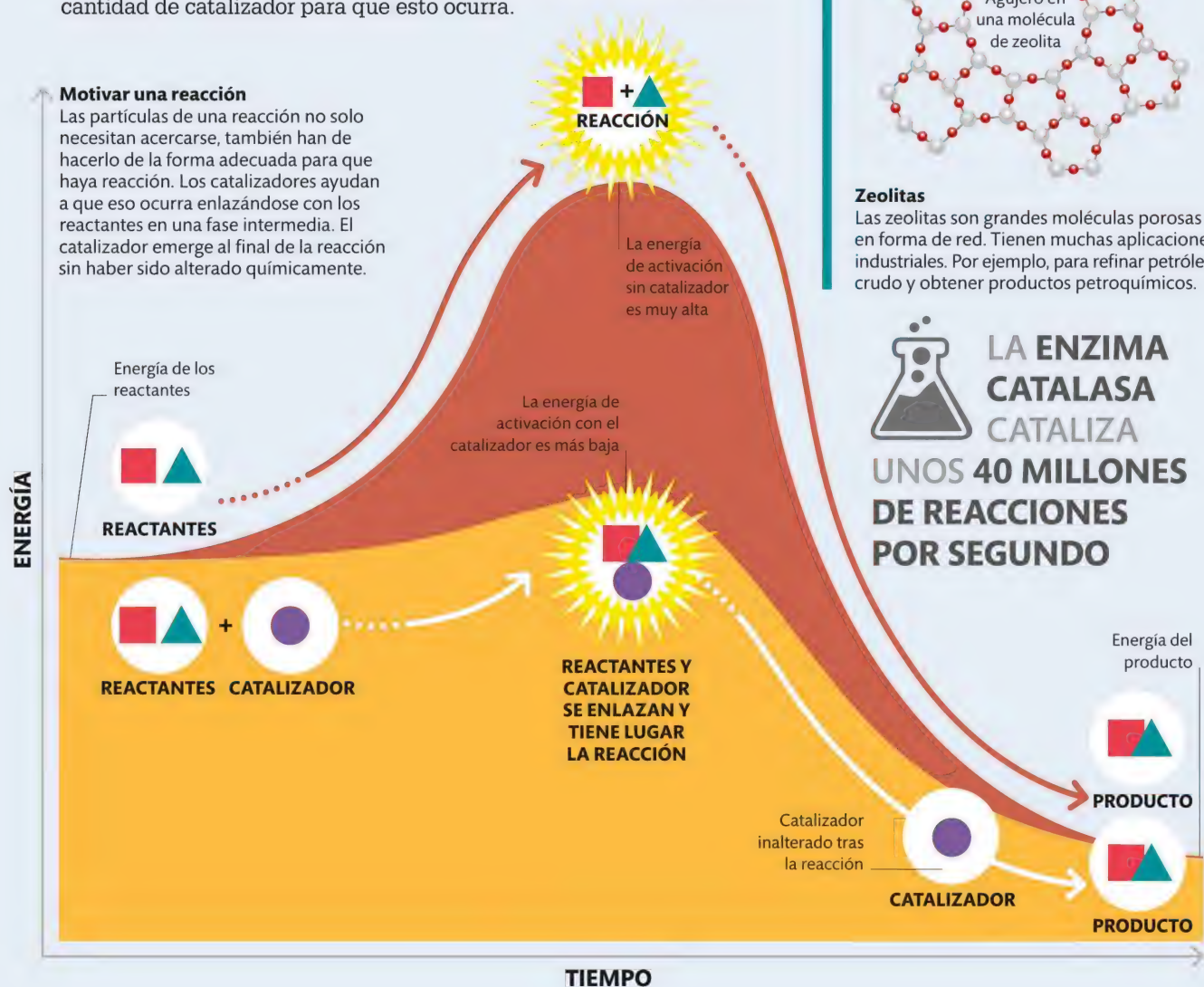
A altas temperaturas, las reacciones químicas son más rápidas, pues átomos y moléculas colisionan a más velocidad. Los catalizadores son sustancias que aumentan la velocidad de las reacciones, pero ellos no cambian, por lo que se pueden reutilizar.

Así funcionan los catalizadores

Las partículas necesitan tener suficiente energía para reaccionar juntas. Para algunas reacciones, esta energía de activación (ver p. 44) es tan grande que las partículas en cuestión no reaccionan nunca en condiciones normales. Los catalizadores rebajan la energía de activación y hacen que la reacción sea posible. Normalmente, solo hace falta una pequeña cantidad de catalizador para que esto ocurra.

Motivar una reacción

Las partículas de una reacción no solo necesitan acercarse, también han de hacerlo de la forma adecuada para que haya reacción. Los catalizadores ayudan a que eso ocurra enlazándose con los reactivos en una fase intermedia. El catalizador emerge al final de la reacción sin haber sido alterado químicamente.



Catalizadores industriales

Distintos catalizadores se usan para hacer más productivas las reacciones químicas industriales. Muchos son metales u óxidos metálicos. Así, el hierro sirve para producir amoníaco mediante el proceso de Haber (ver p. 67). Muchos son sólidos y pueden separarse y reutilizarse.



Zeolitas

Las zeolitas son grandes moléculas porosas en forma de red. Tienen muchas aplicaciones industriales. Por ejemplo, para refinar petróleo crudo y obtener productos petroquímicos.



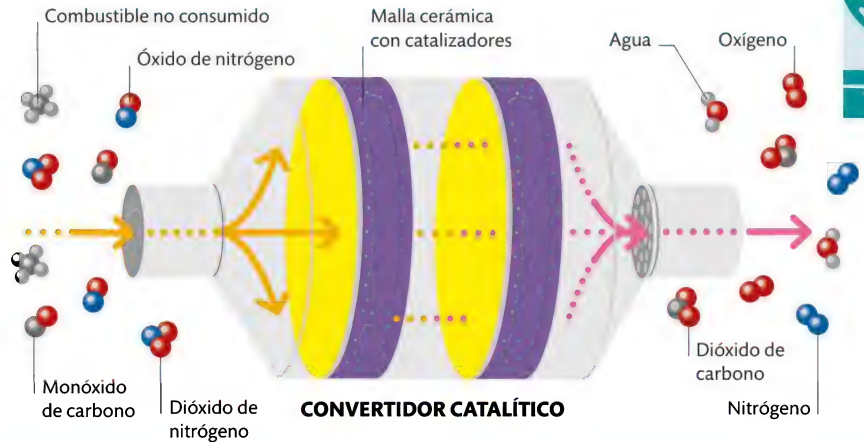
**LA ENZIMA
CATALASA
CATALIZA**

**UNOS 40 MILLONES
DE REACCIONES
POR SEGUNDO**



Convertidores catalíticos

Los convertidores catalíticos que llevan los coches modernos tienen «mallas» cerámicas recubiertas de catalizadores de platino y rodio. Su estructura ofrece una gran área para que los catalizadores actúen en los gases de escape, y conviertan los tóxicos en dióxido de carbono (menos dañino), agua, oxígeno y nitrógeno. El calor del motor del coche hace que los catalizadores funcionen a la velocidad adecuada.

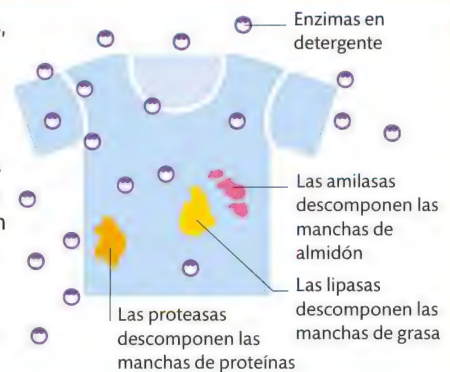


Catalizadores biológicos

Muchos catalizadores inorgánicos industriales catalizan diferentes reacciones, pero los catalizadores de los seres vivos son más selectivos. Las proteínas llamadas enzimas catalizan reacciones biológicas específicas, como replicar ADN o digerir comida. La forma de cada una encaja con un tipo particular de reactante. Se necesitan miles de enzimas distintas para activar el metabolismo (conjunto de reacciones químicas necesarias para mantener con vida un organismo).

DETERGENTES BIOLÓGICOS

Las enzimas, y otros catalizadores, son muy útiles. Se usan para reacciones biológicas, como en la limpieza de manchas en la ropa. Los detergentes biológicos llevan enzimas que digieren las proteínas de la sangre y las grasas. Actúan a temperatura corporal (se destruyen a temperaturas demasiado altas), por lo que funcionan con agua más fría, lo que es más eficiente energéticamente y menos dañino para los tejidos delicados.



Productos químicos

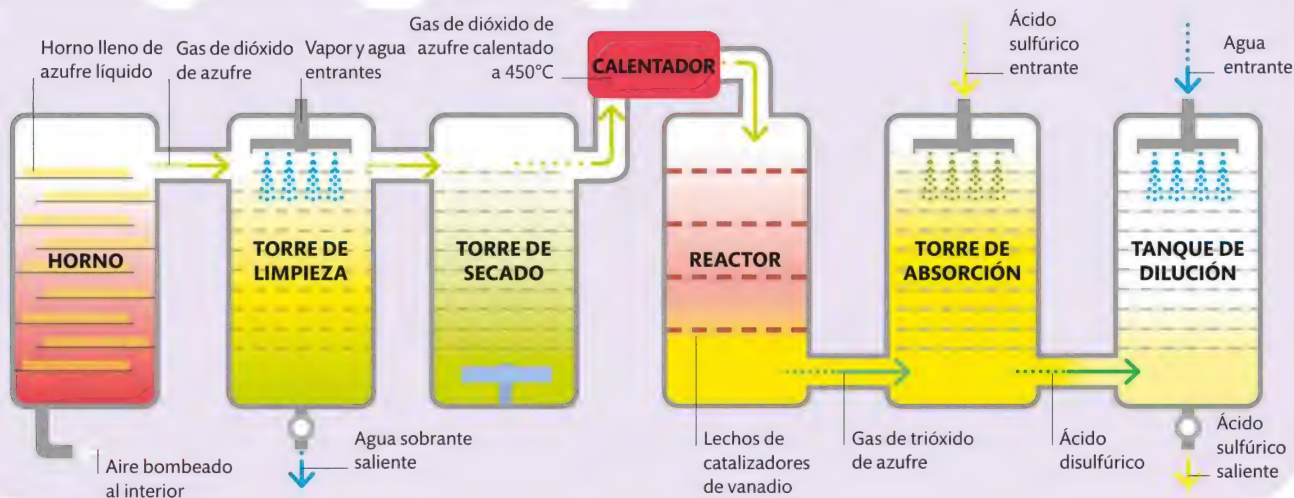
Todos los días usamos productos hechos por el hombre, desde combustibles y plásticos a medicamentos. Para producir muchos de ellos hacen falta sustancias químicas básicas, como ácido sulfúrico, amoníaco, nitrógeno, cloro y sodio.

Ácido sulfúrico

El ácido sulfúrico es una de las sustancias químicas de uso más frecuente: se emplea en desatascadores de cañerías y en baterías, y para manufacturar productos como papel, fertilizantes o latas. Hay diversos métodos para fabricarlo, pero el más conocido es el proceso de contacto.

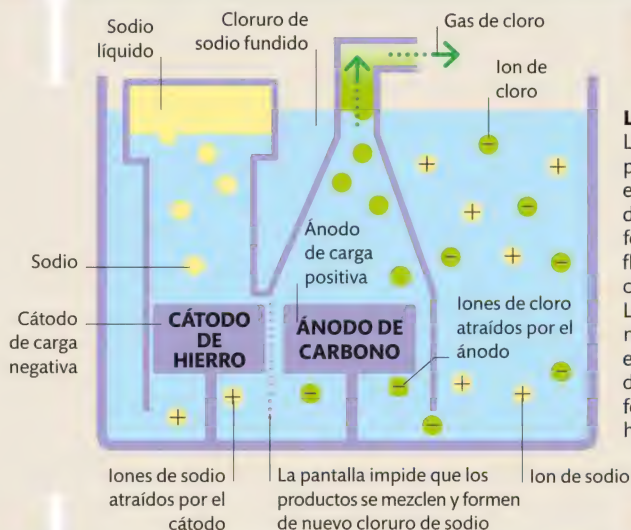
El proceso de contacto

El azufre líquido reacciona con el aire y produce gas de dióxido de azufre, que se limpia, se seca y se convierte en gas de trióxido de azufre con un catalizador de vanadio. Se añade ácido sulfúrico para generar ácido disulfúrico, que se diluye en agua para producir ácido sulfúrico.



Cloro y sodio

El cloro y el sodio se generan a partir de la sal común (cloruro de sodio) mediante un proceso llamado electrólisis, realizado a escala industrial en un tipo de tanque llamado celda de Downs. Esta contiene cloruro de sodio fundido y electrodos de carbono. Cuando se introduce una corriente eléctrica por los electrodos, los iones de sodio y cloro se desplazan hacia estos y se transforman en átomos de sus elementos, que después se recogen.



La celda de Downs

Los iones de sodio de carga positiva se desplazan hacia el cátodo de carga negativa, donde ganan un electrón para formar sodio metálico. El metal flota hasta la superficie del cloruro de sodio fundido. Los iones de cloro, de carga negativa, se desplazan hacia el ánodo, de carga positiva, donde pierden un electrón y forman cloro, que burbujea hacia arriba en forma de gas.



Nitrógeno

El aire contiene un 78 por ciento de nitrógeno y es la principal fuente de nitrógeno puro en forma de gas, que se extrae por medio de la destilación fraccionada. El aire se enfría hasta que se hace líquido y después se deja calentar. Al hacerlo, los componentes vuelven al estado gaseoso a distintas temperaturas, correspondientes a las varias alturas de la columna de fraccionamiento. El oxígeno queda en el fondo en forma líquida.



Destilación fraccionada de aire
El aire se limpia, se licúa y después se deja calentar. Al hacerlo, sus componentes individuales se separan a diferentes temperaturas.

CADA AÑO SE PRODUCEN EN TODO EL MUNDO MÁS DE 230 MILLONES DE TONELADAS DE ÁCIDO SULFÚRICO



DERIVADOS DEL PETRÓLEO

La destilación fraccionada del petróleo crudo genera una gran variedad de productos útiles. Algunos pueden usarse de inmediato, como el gas natural, la gasolina, el diésel, los aceites lubricantes y el asfalto para las carreteras. Otros necesitan procesarse más, como los plásticos y los disolventes.



GAS NATURAL



COMBUSTIBLES DE AUTOMOCIÓN



ASFALTO



DISOLVENTES



PLÁSTICOS



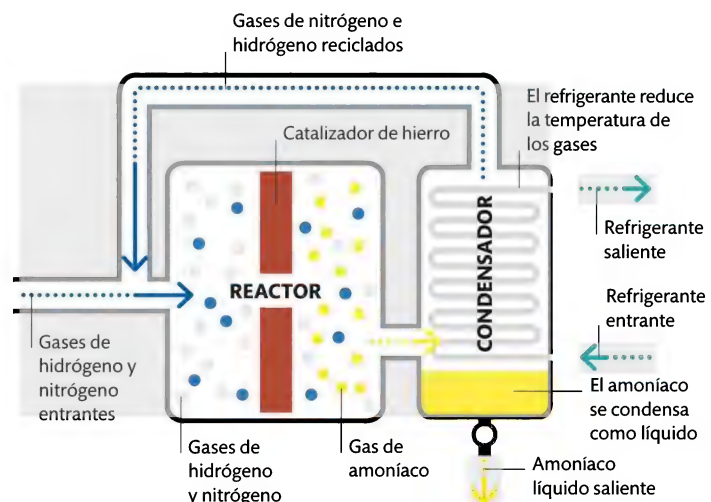
LUBRICANTES

Amoniaco

El proceso de Haber produce amoníaco a partir de nitrógeno e hidrógeno. El amoníaco es vital para fabricar fertilizantes, tintes y explosivos, así como productos de limpieza. El nitrógeno es reactivo, por lo que en el proceso Haber se usa un catalizador de hierro, así como una temperatura y una presión altas en el reactor para aumentar la velocidad de la reacción y producir la máxima cantidad de amoníaco.

El proceso de Haber

Se mezclan gases de hidrógeno y nitrógeno y se pasan por un catalizador de hierro, que los obliga a formar amoníaco. Al enfriar la mezcla, se obtiene amoníaco líquido. El nitrógeno y el hidrógeno que no han reaccionado se reciclan.



Plásticos

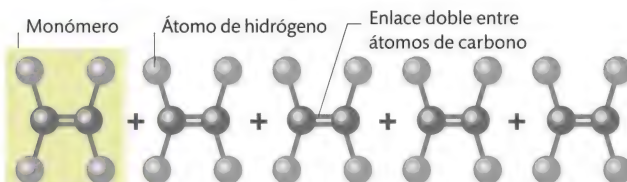
Los plásticos son resistentes, ligeros y baratos, y han transformado la vida moderna. La mayoría están hechos de combustibles fósiles y no se biodegradan, por lo que su uso creciente conlleva problemas medioambientales.

Monómeros y polímeros

Los plásticos son polímeros sintéticos. Un polímero es una larga cadena de moléculas hecha de monómeros, y puede tener cientos de moléculas de largo. Los plásticos, según el monómero de que están hechos, tienen diferentes propiedades y utilidades. El nylon, por ejemplo, se usa para hacer las fibras de los cepillos de dientes, y el polietileno, para hacer bolsas.

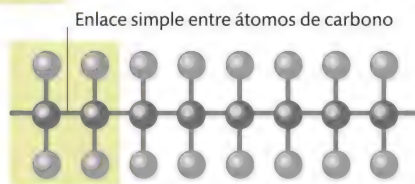
Monómeros

Los monómeros de muchos plásticos tienen un doble enlace carbono-carbono (ver p. 41).



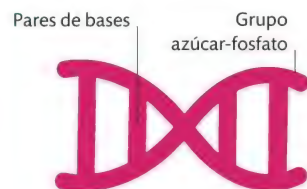
Polímeros

Para formar un polímero, el doble enlace se rompe y cada monómero se enlaza con su vecino y crea largas cadenas.



POLÍMEROS NATURALES

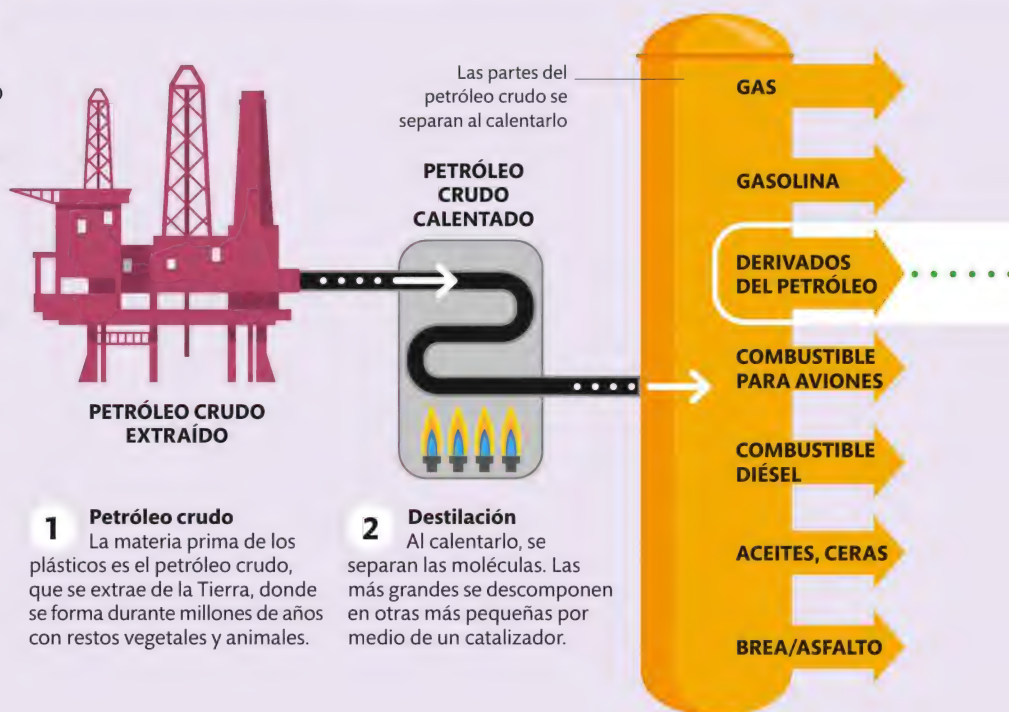
También hay polímeros naturales: lo son los azúcares, la goma y el ADN. El ADN se compone de monómeros llamados nucleótidos, hechos de un azúcar y un grupo fosfato (su columna vertebral), más una base nitrogenada que proporciona el código para producir proteínas.



CADA AÑO SE TIRA PLÁSTICO COMO PARA RODEAR LA TIERRA CUATRO VECES

Producción de plásticos

La mayoría de los plásticos se hacen con derivados del petróleo crudo. Con un catalizador y a cierta presión y temperatura, los monómeros se polimerizan. Se pueden añadir otros productos para cambiar sus propiedades. Una vez formado, se moldea para hacer diferentes productos. Hay bioplásticos, de materiales renovables como madera o bioetanol, pero son una minoría de los plásticos que se generan hoy en día. Los plásticos son termoestables o termoplásticos. Los termoestables se moldean solo una vez y los plásticos termoplásticos pueden fundirse y moldearse repetidamente.





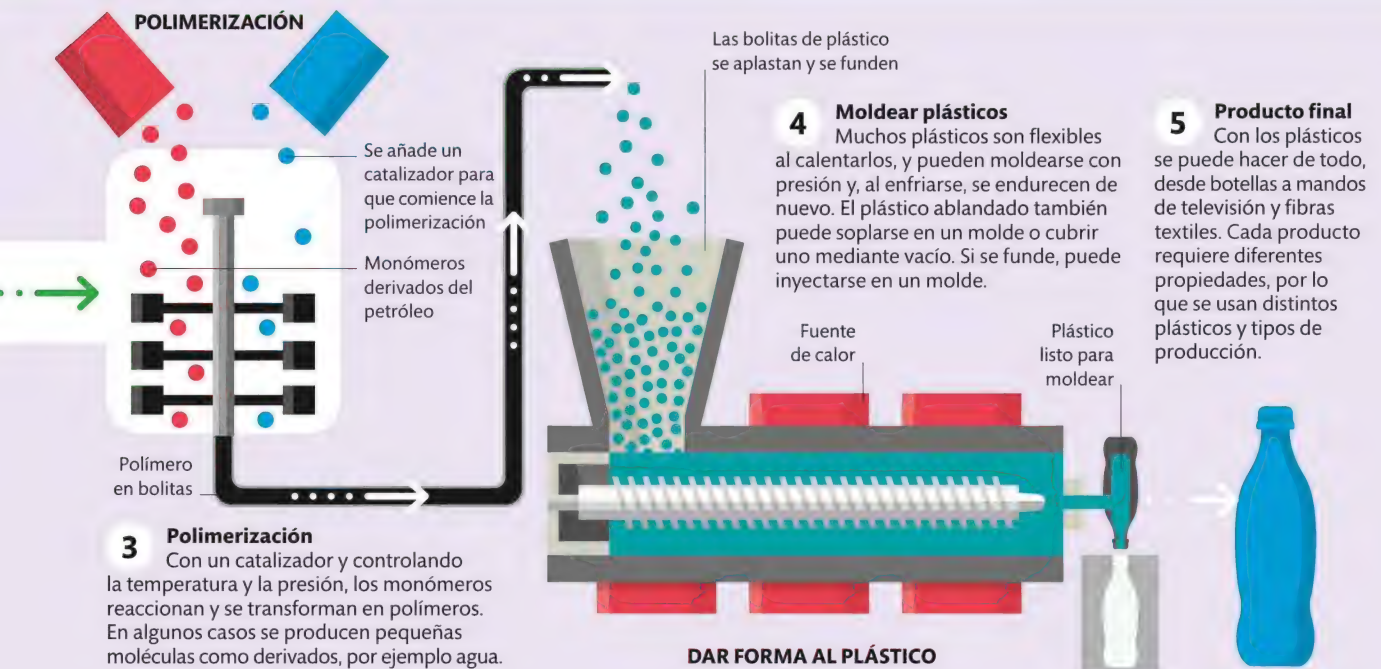
Reciclado

Algunos plásticos se reciclan con facilidad troceándolos, fundiéndolos y dándoles de nuevo forma. Pero para otros se necesitan métodos diferentes. Un objetivo es convertir plásticos en combustible líquido o quemarlos para producir energía directamente, o bien crear plásticos que puedan ser digeridos por bacterias. Pero todo esto aún no puede aplicarse a gran escala.



BENEFICIOS Y DESVENTAJAS DE LOS PLÁSTICOS

Beneficios	Desventajas
Los plásticos son baratos de fabricar y no necesitan cultivo de plantas o cría de animales ni los recursos que esto requiere.	Los plásticos se hacen a partir de materias no renovables, cuya extracción es dañina para el medio ambiente.
Los plásticos son ligeros y resistentes y con poco material se pueden fabricar muchos productos útiles.	Los plásticos se descomponen en pequeños fragmentos que van a parar a nuestra agua y afectan a la vida salvaje y a lo que comemos.
Se puede dotar a los plásticos de una amplia variedad de características: su dureza, flexibilidad y resistencia pueden controlarse.	Los plásticos pueden deteriorarse y romperse tras usos repetidos. Además, los rayos ultravioletas del Sol los hacen más frágiles.
Las fibras sintéticas pueden hacerse elásticas y más resistentes a las arrugas, el agua y las manchas que las fibras naturales.	Las ropas sintéticas no permiten que se evapore el sudor, por lo que pueden ser incómodas en climas cálidos. Además, acumulan electricidad estática.
Algunos tipos de plástico pueden reciclarse, lo que los hace más ecológicos que sus equivalentes no reciclables.	Los plásticos no biodegradables contribuyen a la contaminación global de los mares y la tierra. Además, están saturando los vertederos.

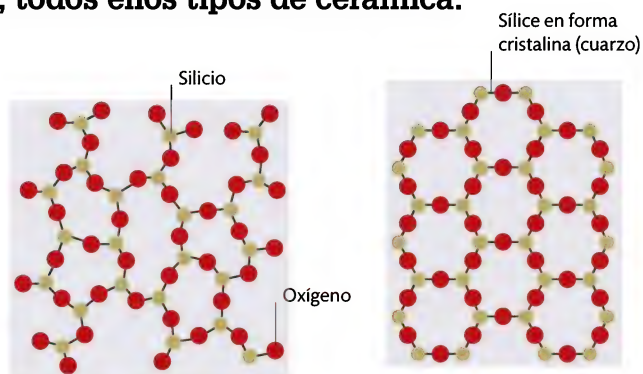


Vidrio y cerámica

El vidrio es duro, resistente a la corrosión y a menudo transparente y suele estar hecho de arena (dióxido de silicio). Pero el término *vidrio* también da nombre a un grupo mayor de materiales, todos ellos tipos de cerámica.

La estructura del vidrio

Los vidrios tienen estructuras amorfas, es decir, que hay poco o ningún orden en la colocación de sus moléculas (o átomos). A escala atómica, parecen líquidos inmóviles (ver pp. 16-17). Sin embargo, los vidrios son materiales sólidos. Suelen fabricarse fundiendo una sustancia y después enfriándola tan deprisa que sus átomos (o moléculas) no pueden ordenarse en su estructura habitual, ya sea cristalina o metálica. En lugar de ello, quedan atrapados en el sitio, tan desordenados como cuando eran un líquido.



ESTRUCTURA AMORFA

ESTRUCTURA CRISTALINA

Tipos de vidrio

Todos conocemos el vidrio como el material transparente y frágil de las ventanas, hecho a partir de dióxido de silicio. Pero se producen vidrios con una gran variedad de materiales: los metales pueden ser vidriosos y algunos polímeros, o plásticos, son técnicamente vidrios. Para cambiar sus propiedades, se les añaden otras sustancias, que pueden afectar al color o a la claridad, dotarlos de mayor resistencia al calor

–como en el vidrio borosilicatado Pyrex–
o hacerlos resistentes a los arañazos

–como el Gorilla Glass usado en muchas pantallas de teléfonos inteligentes.

Propiedades del vidrio

La dureza, la resistencia a la corrosión y la baja reactividad del vidrio lo hacen apropiado para muchos productos, pero quizá su propiedad más útil es su transparencia, que permite usarlo en ventanas de edificios y vehículos.

FRÁGIL

Se fractura sin deformarse



Los vidrios son frágiles, pues sus moléculas están fijas y no se deslizan unas junto a otras. Un fallo o rotura en su superficie se propaga rápidamente a través del material, y hace que las grietas se extiendan.

TRANSPARENTE

Los rayos de luz se dispersan

CRISTAL

VIDRIO

Los rayos de luz no hallan obstáculos

El vidrio es transparente porque la energía de la luz no iguala los niveles de energía posibles de sus electrones, y los fotones no se absorben. Además, el vidrio no tiene barreras cristalinas que dispersen la luz.



Otras cerámicas

Los vidrios son un subgrupo de las cerámicas. El término *cerámica* se refiere popularmente a los productos hechos de arcilla, pero la definición científica incluye cualquier sólido no metálico al que se da forma y se endurece con calor. Las cerámicas pueden tener estructura cristalina o amorfa y pueden hacerse con casi cualquier elemento. Como el vidrio, suelen ser duras pero frágiles y poseen un punto de fusión alto. Esto las hace ideales para el aislamiento térmico y eléctrico, como el carburo de titanio cerámico, empleado en los escudos térmicos de los vehículos espaciales.



**DIFÍCILES
DE RAYAR**



**RESISTENCIA A
LA COMPRESIÓN**



NO REACTIVAS



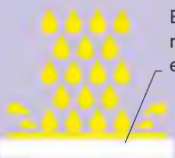
AISLANTES

¿FLUYE EL VIDRIO?

La idea de que el vidrio es un líquido que fluye muy despacio es falsa. Las ventanas muy antiguas son más gruesas en la parte inferior porque los cristales eran irregulares y se instalaban en esa posición para asegurar su estabilidad.

RESISTENTE AL AGUA

El vidrio normal atrae el agua y esta forma una película superficial. Las coberturas hidrófugas hacen que el agua se acumule en gotitas y resbale por la superficie, mejorando la visibilidad y, de paso, limpiando el vidrio.

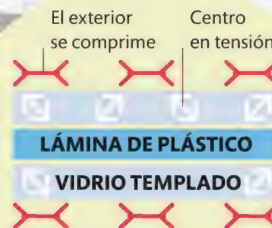


El vidrio macizo no deja pasar el agua



**EL PRIMER VIDRIO
SE FABRICÓ EN
EGIPTO HACE
5000 AÑOS**

VIDRIO ENDURECIDO



El vidrio endurecido tiene una superficie en compresión y un interior en tensión que le da mayor resistencia. Si se rompe, una lámina de plástico mantiene juntos los pedazos.

ALUMINIO TRANSPARENTE

El oxinitruro de aluminio, o aluminio transparente, es una cerámica superresistente y transparente. La mezcla en polvo se comprime, se calienta a 2000 °C y después se enfría para que sus moléculas permanezcan amorfas. Puede soportar numerosos impactos de balas antiblindaje y seguir siendo transparente. Su alto precio actual conlleva que solo tenga usos militares muy especializados, pero en el futuro se usará más.

La resistencia y la claridad de esta cerámica la hace ideal para las ventanillas de los vehículos blindados



CERÁMICA TRANSPARENTE

Materiales asombrosos

Algunos de los materiales que usamos tienen propiedades asombrosas: superresistencia o una increíble ligereza.

Muchos son sintéticos, pero otros son naturales.

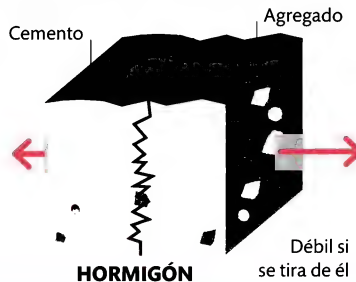
Algunos materiales sintéticos se han inspirado en la naturaleza, un proceso llamado biomímesis.

Materiales compuestos

A veces, ningún material presenta las propiedades adecuadas para un determinado producto. A fin de resolver este problema, pueden combinarse dos o más materiales para obtener las mejores propiedades de cada uno. Estos materiales se denominan materiales compuestos. El hormigón es el material compuesto más común, pero el bahareque, que se usaba para cubrir paredes hace 6000 años, es un ejemplo más antiguo: estaba hecho de paja o ramas y fango. Hoy se usan nuevas materias y técnicas para crear materiales compuestos más avanzados.

Resistencias relativas

El hormigón es un material compuesto hecho de agregado de piedra en una matriz de cemento. En la construcción de edificios, el hormigón, que es resistente bajo presión pero débil bajo tensión, no puede usarse solo.



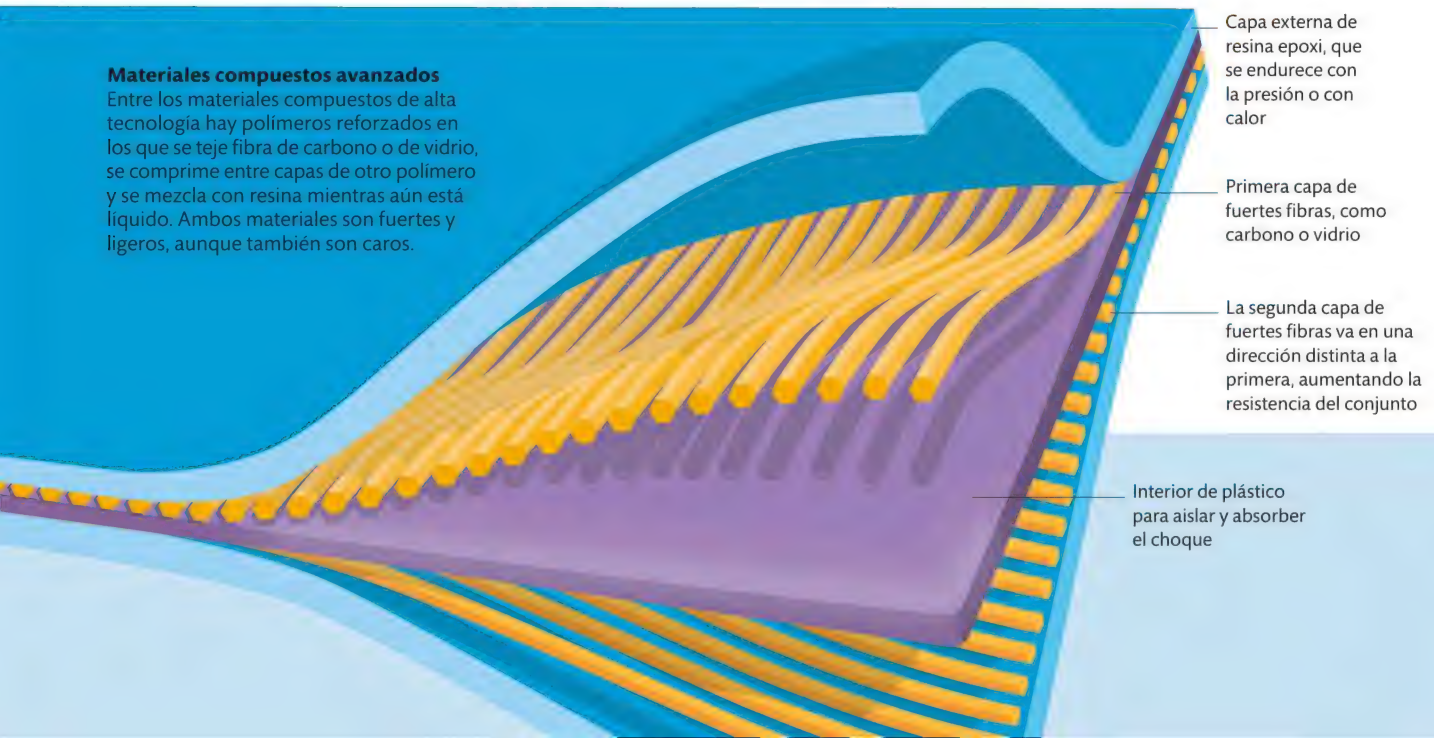
Resistente a la tensión

En la construcción, el hormigón se refuerza con barras de acero, que soportan mucha tensión. Combinados, forman el hormigón armado, uno de los materiales más versátiles de la actualidad.



Materiales compuestos avanzados

Entre los materiales compuestos de alta tecnología hay polímeros reforzados en los que se teje fibra de carbono o de vidrio, se comprime entre capas de otro polímero y se mezcla con resina mientras aún está líquido. Ambos materiales son fuertes y ligeros, aunque también son caros.





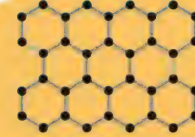
Aerogel

Al sustituir el líquido de un gel por un gas, se pueden fabricar sólidos superligeros. Los aerogeles –que son aire en un 98 por ciento– son muy buenos aislantes.



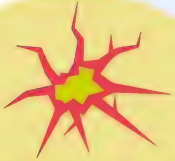
Seda de araña

La producción masiva de seda de araña podría generar nuevos materiales antibalas. Es resistente como el acero pero mucho más ligera, y es elástica, por lo que no se rompe.



Grafeno

El grafeno, hecho de láminas de grafito de un átomo de espesor, es más resistente que el acero, un buen conductor eléctrico, transparente, flexible y muy ligero.

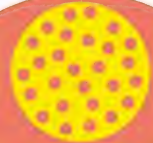


Plástico autorreparable

Los plásticos autorreparantes tienen cápsulas que se abren al sufrir un daño: los líquidos que contienen reaccionan y se solidifican para reparar cualquier agujero.

Propiedades asombrosas

Algunos materiales, naturales o sintéticos, tienen propiedades increíbles, como el Kevlar –flexible pero a prueba de balas– o plásticos que pueden repararse solos. Estos materiales hacen nuestra vida más segura y fácil. Por ejemplo, los huesos crecen a través de los nuevos implantes de espuma metálica, integrándolos así en el cuerpo. Y las ventanas superhidrófobas eliminan la necesidad de la peligrosa limpieza de cristales de altura.



Espuma metálica

Al inyectar burbujas de gas en metal fundido se crean espumas. Estas son ligeras pero conservan las propiedades del metal.



Kevlar

Las fibras de Kevlar, un plástico superresistente, pueden tejerse para hacer ropa o añadirse a un polímero para formar un material compuesto.



Material superhidrófobo

Las superficies de los materiales hidrófobos están cubiertas de diminutas protuberancias que mantienen alejadas las gotas de agua y evitan mojarse.



**UNA LÁMINA DE GRAFENO
PUEDE SOSTENER UN GATO
DE 4 KG, PERO PESA MENOS
QUE UNO DE SUS BIGOTES**



ENERGÍA Y FUERZAS

¿Qué es la energía?

Los físicos entienden el universo en términos de materia y energía en el espacio y el tiempo. Existen muchas formas de energía y pueden cambiar de una forma a otra. Cuando se usa una fuerza para mover un objeto, decimos que se ha realizado un trabajo sobre ese objeto.

Tipos de energía

La energía está en todas partes, es indestructible y ha existido desde el principio del tiempo. Sin embargo, para hacer las cosas más simples de entender y de medir, los científicos categorizan la energía en distintas formas. Cada fenómeno natural o proceso artificial realizado por máquinas y tecnología tiene lugar porque una forma de energía lo hace funcionar y, al hacerlo, se convierte en otra forma de energía.



Energía química

La combustión y otras reacciones químicas se provocan por la energía que mantiene unidos los átomos.



Energía radiante

La luz y otros tipos de radiación son energía en forma de cambiantes campos electromagnéticos.



Energía eléctrica

Una corriente eléctrica transmite energía en forma de corriente de partículas con carga; en general, electrones.



Energía térmica

El movimiento de los átomos, que vibran, es la energía térmica o calorífica. Los átomos «calientes» vibran más.



Potencial eléctrico

Una batería está llena de energía potencial que se libera en forma de corriente eléctrica.



Potencial elástico

Los materiales estirados o aplastados liberan energía potencial al volver a su forma original.



Potencial gravitacional

Los objetos levantados tienen el potencial de caer, liberando movimiento.



Energía acústica

La energía que viaja en una onda de sonido aprieta y estira el aire (u otro medio).



Energía nuclear

La radiactividad y las explosiones nucleares usan la energía que mantiene unido el núcleo de los átomos.



Energía cinética

Todo lo que se mueve, ya sean electrones o galaxias, tiene energía cinética, o energía de movimiento.

Emisión química

Si movemos una carga pesada, se produce una cadena de transformación de la energía. Primero, el cuerpo convierte la energía química almacenada en la comida en energía cinética.

La energía cinética se transfiere a la carreta hasta que esta alcanza una velocidad constante

LA ENERGÍA GRAVITACIONAL POTENCIAL AUMENTA

Conservación de la energía

La cantidad de energía del universo es siempre la misma. La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma, cambia de una forma a otra. La transformación de la energía es lo que impulsa todos los procesos que vemos. La energía también se dispersa o se hace más desordenada y menos «útil». De modo que cada proceso siempre pierde energía, a menudo en forma de calor. Por eso hace falta una fuente de energía para mantener estos procesos activos.

1

En marcha

La energía cinética del cuerpo se transfiere a la carretilla. La energía se usa para superar la fricción y hacer que la carretilla se mueva. El cuerpo se calienta porque parte de su energía se convierte en calor inútil.





¿CUÁNTA ENERGÍA TIENE UNA TABLETA DE CHOCOLATE?

Una tableta de chocolate con leche de 50 g contiene unas 250 calorías, la cantidad que necesita un cuerpo humano medio cada 2,5 horas.

La energía química potencial almacenada en el cuerpo ha disminuido

La energía gravitacional potencial comienza a convertirse en energía cinética

Cuando cae un ladrillo, su energía cinética aumenta y su energía gravitacional potencial decrece

2 Subir

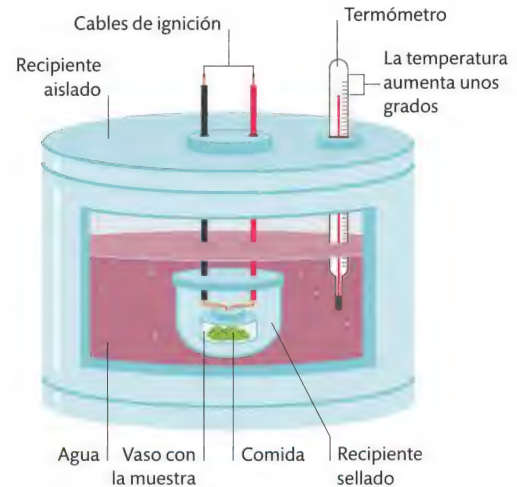
La fuerza aplicada por el hombre va en contra del tirón gravitacional de la carretilla. A medida que el hombre asciende la rampa, su energía cinética se convierte en energía gravitacional potencial en su cuerpo y en la carretilla.

3 Emisión de energía potencial

Volcar la carga de la carretilla convierte su energía potencial en energía cinética. Al impactar con el suelo, la energía cinética se convierte en calor, sonido y energía elástica, que puede hacer que el ladrillo rebote.

Medir la energía

La energía se mide en unidades llamadas julios (J). Un julio es la energía necesaria para levantar 1 metro unos 100 gramos. La energía de la comida se mide en calorías, que provienen del calor que produce la comida al quemarse en un aparato llamado calorímetro.



Medir calorías

Cuando una porción de comida se quema, eleva la temperatura del agua. La subida de temperatura sirve para saber cuántas calorías hay en la comida.

POTENCIA

El índice de transformación de la energía se denomina potencia. La potencia se mide en vatios (W); 1 W es igual a 1 J/s. Un proceso de alta potencia usa energía más deprisa. Una bombilla de 100 W tiene la misma potencia (transforma la energía al mismo ritmo) que una mujer adulta.



Electricidad estática

La forma más común de electricidad es la corriente que nos llega a casa, que es un fenómeno artificial. La mayoría de los fenómenos eléctricos naturales, como los rayos, se deben a la electricidad estática.

Sacudida eléctrica

La carga de electricidad estática acumulada en el cuerpo lo abandona a través de un conductor, como un objeto de metal, creando una sacudida inesperada y, a veces, un chispazo.

Excedente de electrones

El cuerpo obtiene una pequeña carga negativa

Pie y alfombra se frotan



2 Descarga

La carga puede escapar a través del metal, por ejemplo un picaporte. Cuando la mano lo toca, el exceso de electrones del cuerpo salta al metal, produciendo una pequeña sacudida.

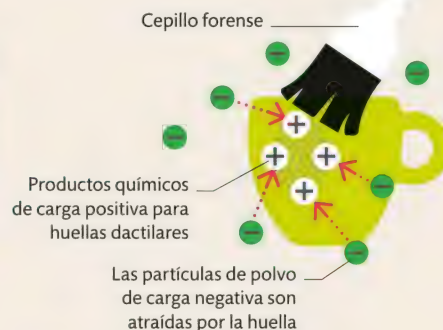


1 Carga por fricción

Al frotar el pie en el tejido sintético de la alfombra, los electrones pasan del suelo al cuerpo, dotándolo de una pequeña carga negativa.

Electrostática

La electricidad está causada por una propiedad de la materia denominada carga. En cada átomo, los protones, de carga positiva, se mantienen en su sitio, mientras que los electrones, de carga negativa, son libres para moverse a otros objetos. Si un objeto adquiere un excedente de electrones, obtiene una carga negativa y atrae objetos de carga positiva, es decir, aquellos con un déficit de electrones. Esta fuerza también hace que los electrones se repelan unos a otros y, finalmente, encuentren un camino para escapar del objeto con carga, creando así una chispa.



Buscar huellas dactilares

Los investigadores se valen de la electricidad estática para hallar huellas dactilares. Ponen polvo de carga negativa sobre las sustancias de carga positiva que quedan en las huellas.



Usar la electricidad estática

La electricidad estática se usa en muchas situaciones cotidianas, generalmente produciendo un pequeño y manejable campo de fuerza que atrae o repele otros materiales. Las cargas mayores son peligrosas pero tienen sus usos, como en los desfibriladores.



Acondicionador

El champú hace que el pelo adquiera carga eléctrica: los pelos se repelen entre sí. El acondicionador la neutraliza.



Pistola de pintura

Las pistolas profesionales dan a la pintura una carga positiva para que la atraiga un objeto de carga negativa.



Desfibrilador

Un generador de electricidad estática acumula una gran carga y la dirige a un corazón que ha dejado de latir.



Libro electrónico

La pantalla atrae o repele esferas que contienen partículas de aceite con carga positiva (blancas) o negativa (negras).



Film plástico

Al desenrollar un film plástico, le damos una pequeña carga eléctrica. Eso ayuda a que el film se adhiera a otros objetos.

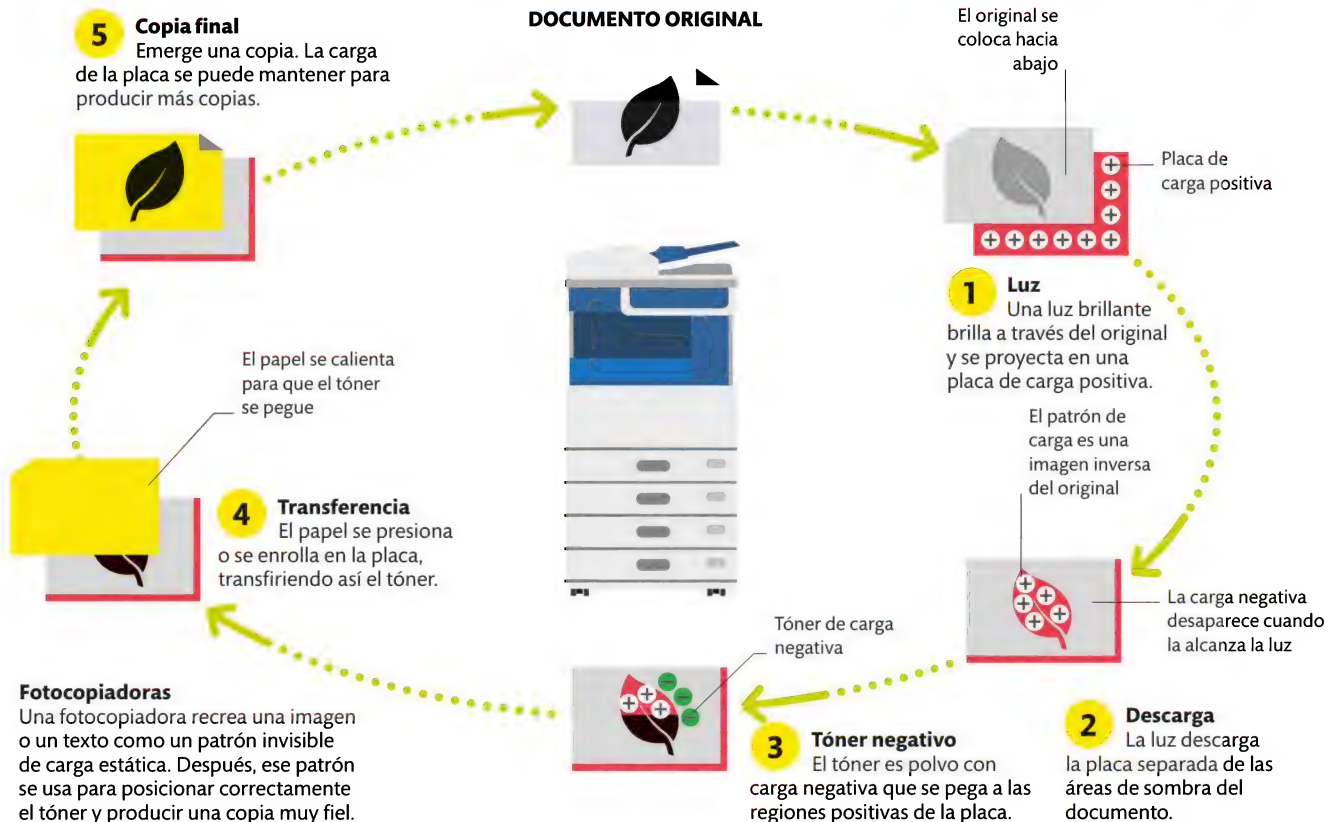


Filtros de polvo

Las partículas nocivas del humo de una fábrica reciben una carga y se extraen con placas electrificadas.

CUANDO CAE UN RAYO

Un rayo es una gran descarga de electricidad estática. El aire es un mal conductor de electricidad, por lo que la carga de las nubes de tormenta no puede dispersarse y se acumula hasta enormes niveles. Finalmente, la descarga zigzaguea a través del aire buscando la ruta más fácil hasta el suelo.



Corrientes eléctricas

Una corriente eléctrica es un flujo de carga. En los ejemplos cotidianos, la carga es impulsada por el movimiento de los electrones a través de metales como el cobre de los cables. Cualquier material que conduce bien la electricidad recibe el nombre de conductor. Los aislantes no son buenos conductores.

Crear una corriente

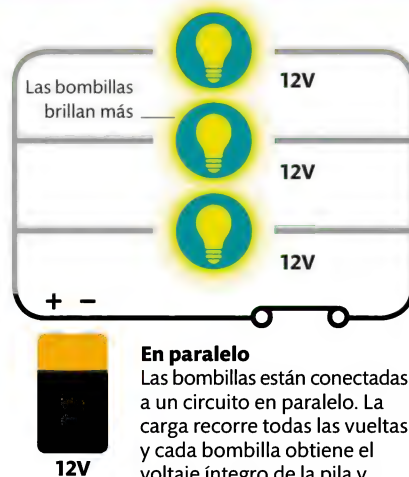
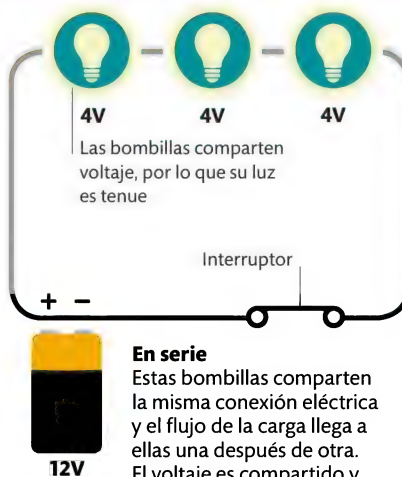
Una corriente eléctrica difiere de una carga estática –como un chispazo o un rayo (ver pp. 78-79)– en que la carga sigue moviéndose. Las partículas con carga se mueven porque una carga opuesta las atrae. Una chispa eléctrica se mueve debido a la diferencia de carga entre un lugar y otro. La chispa también elimina la diferencia de carga que la provocó. En una corriente, como la que genera una pila, la diferencia en carga eléctrica es lo que mantiene el flujo de corriente.

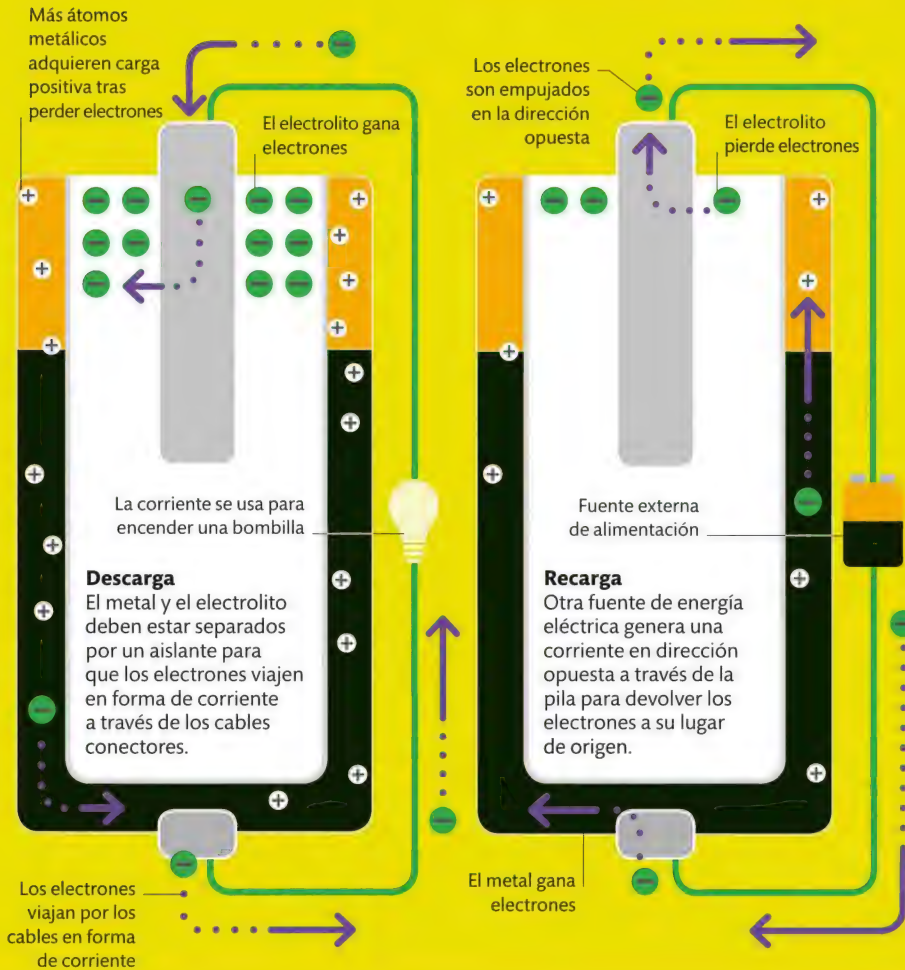
CANTIDAD	UNIDAD
La corriente eléctrica es el flujo de carga eléctrica.	A Amperio
El voltaje , o diferencia de potencial, es la fuerza que empuja la corriente.	V Voltio
La resistencia es la oposición al movimiento de la corriente eléctrica.	Ω Ohmio



Circuitos

La energía de la corriente eléctrica puede aprovecharse. El flujo de electrones es parecido al agua que fluye cuesta abajo. Una rueda hidráulica puede aprovechar la energía del agua para impulsar una máquina. La electricidad, en lugar de fluir por un canal de agua, fluye por circuitos, para que bombillas, estufas o motores puedan aprovechar su energía. El modo en que la energía se dispersa por el circuito depende del diseño de este. Hay dos tipos principales de circuito: en serie y en paralelo.





ELECTRONES LIBRES

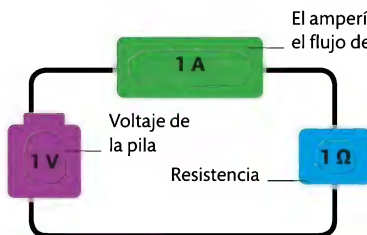
La mayoría de los metales, como el hierro, son buenos conductores porque los electrones de sus átomos pueden trasladarse a otros átomos. Si los electrones obtienen energía suficiente, se forma una corriente eléctrica. Los átomos de los aislantes –por ejemplo, de la goma– sujetan firmemente a sus electrones, por lo que es más difícil que formen corrientes.



Ley de Ohm

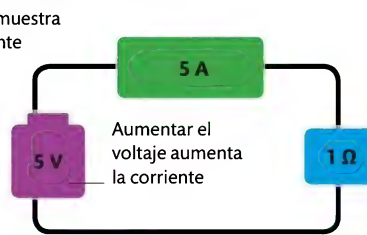
La relación entre voltaje, corriente y resistencia está contenida en la ley de Ohm. Su fórmula (a la derecha) sirve para calcular cuánta corriente pasa a través de un componente dependiendo del voltaje de la fuente de alimentación y de la resistencia de los elementos del circuito.

$$\text{CORRIENTE} = \frac{\text{VOLTAJE}}{\text{RESISTENCIA}}$$



El ohmio

La resistencia se mide en ohmios (Ω). Una resistencia de 1Ω permite el paso de una corriente de 1 A cuando se le aplica 1 V .



En proporción

La corriente es proporcional al voltaje. Si el voltaje aumenta, también lo hará la corriente, en tanto la resistencia no cambie.



Aumento de la resistencia

Aumentar la resistencia hace que el voltaje sea incapaz de impulsar tanta corriente. Aumentar el voltaje mantiene la corriente.

Fuerzas magnéticas

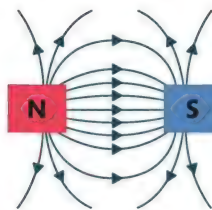
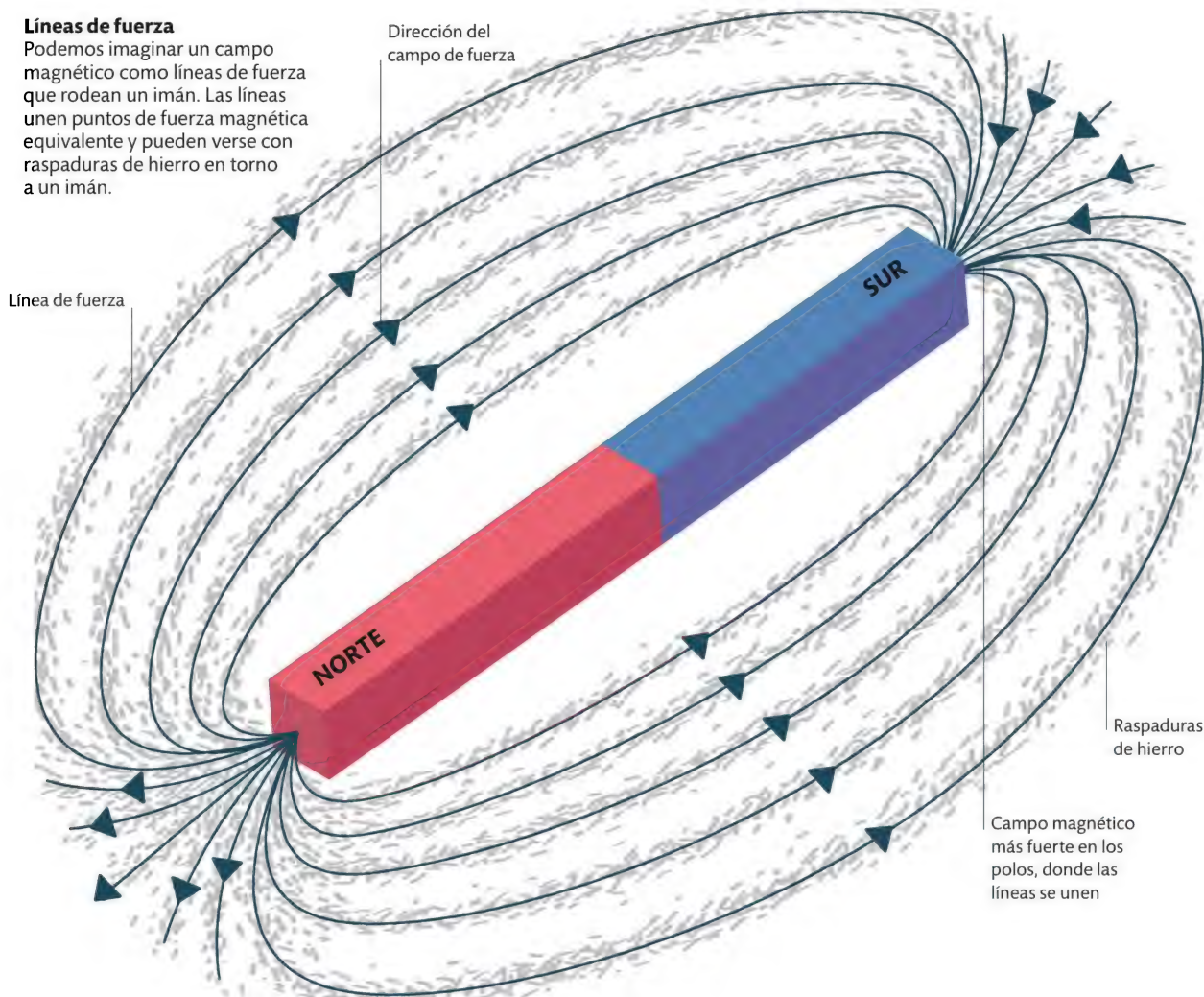
La fuerza magnética entre dos materiales es el resultado a gran escala del comportamiento de las partículas de estos a escala subatómica. Los imanes tienen una gran variedad de usos y son necesarios para muchos dispositivos.

Campos magnéticos

Un imán está rodeado por un campo de fuerza que se extiende en todas direcciones y se reduce rápidamente con la distancia. El magnetismo tiene una dirección: el campo emerge del imán por un punto, llamado polo norte, y regresa por el polo sur. El campo es más denso en los polos, por lo que los efectos de la fuerza son más fuertes allí.

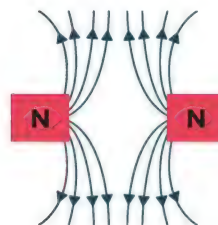
Líneas de fuerza

Podemos imaginar un campo magnético como líneas de fuerza que rodean un imán. Las líneas unen puntos de fuerza magnética equivalente y pueden verse con raspaduras de hierro en torno a un imán.



Los polos opuestos se atraen

La fuerza del magnetismo sigue la regla de que «los opuestos se atraen». El polo norte de un imán atrae el polo sur de otro imán. Las fuerzas de atracción unen los imanes.



Los polos iguales se repelen

Dos polos magnéticos idénticos, por ejemplo un polo norte y un polo norte, se repelen. Las líneas de fuerza de ambos tienen la misma dirección y se desvían.



Tipos de magnetismo

Todos los átomos poseen pequeños campos magnéticos, normalmente orientados al azar, por lo que no producen un efecto conjunto. Si los átomos de una sustancia se alinean por un campo magnético exterior, sus campos magnéticos se acumulan y forman un solo campo magnético más grande.

Materiales diamagnéticos

Materiales como el cobre y el carbono generan un campo magnético que se opone a un campo exterior y repele los imanes.



Materiales paramagnéticos

Los metales suelen ser paramagnéticos. Sus átomos se alinean exactamente con el campo exterior y son atraídos por un imán.



Materiales ferromagnéticos

Los átomos de hierro y de otros materiales se quedan alineados cuando desaparece el campo exterior, por lo que forman imanes permanentes.



Electroimanes

El magnetismo de un electroimán lo genera una corriente eléctrica que rodea su núcleo de hierro. Esto hace que su campo magnético pueda activarse y desactivarse. Los electroimanes tienen muchos usos en los dispositivos modernos.



MOTOR ELÉCTRICO

Un motor eléctrico usa un electroimán para crear una fuerza opuesta a los polos de un imán permanente, creando así un movimiento circular.



DISCO DURO DE ORDENADOR

Los datos se almacenan en un disco duro en un patrón de zonas magnetizadas y desmagnetizadas. Un electroimán lee, escribe y borra ese código.



ALTAVOZ

Un electroimán hace que el cono de un altavoz vibre, lo cual a su vez hace que vibre el aire y crea la onda de sonido que escuchamos.



FOGÓN DE INDUCCIÓN

Un potente electroimán crea un campo magnético fluctuante dentro de la estructura metálica de una olla, que se calienta.

MAGNETISMO TERRESTRE

El hierro líquido del núcleo externo de la Tierra genera un fuerte campo magnético. Las brújulas señalan al norte porque sus agujas se alinean con ese campo magnético. Este llega hasta el espacio y forma un escudo contra el viento solar (gas caliente y electrificado producido por el Sol).

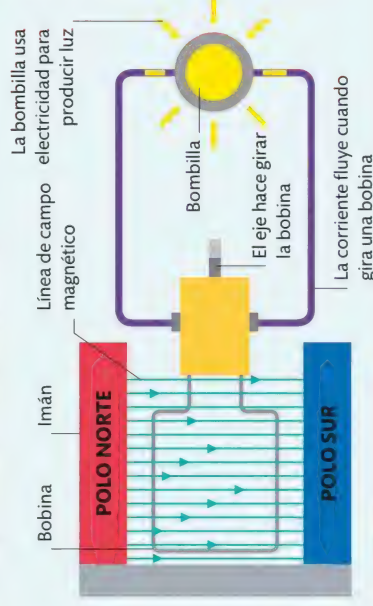


Generar electricidad

La electricidad es una fuente de energía muy útil. Puede distribuirse para su uso muy lejos de donde se produce y proporciona energía para todo tipo de dispositivos, desde ordenadores hasta automóviles.

Inducir una corriente

Un generador eléctrico utiliza un proceso de inducción para generar electricidad. Al mover un cable a través de un campo magnético, en su interior se producen un voltaje y una corriente. La energía cinética del cable se transforma en energía eléctrica haciendo que lo atraviese una corriente. Un simple generador se encarga de esto haciendo girar una bobina de cable muy deprisa entre los polos de un poderoso imán.



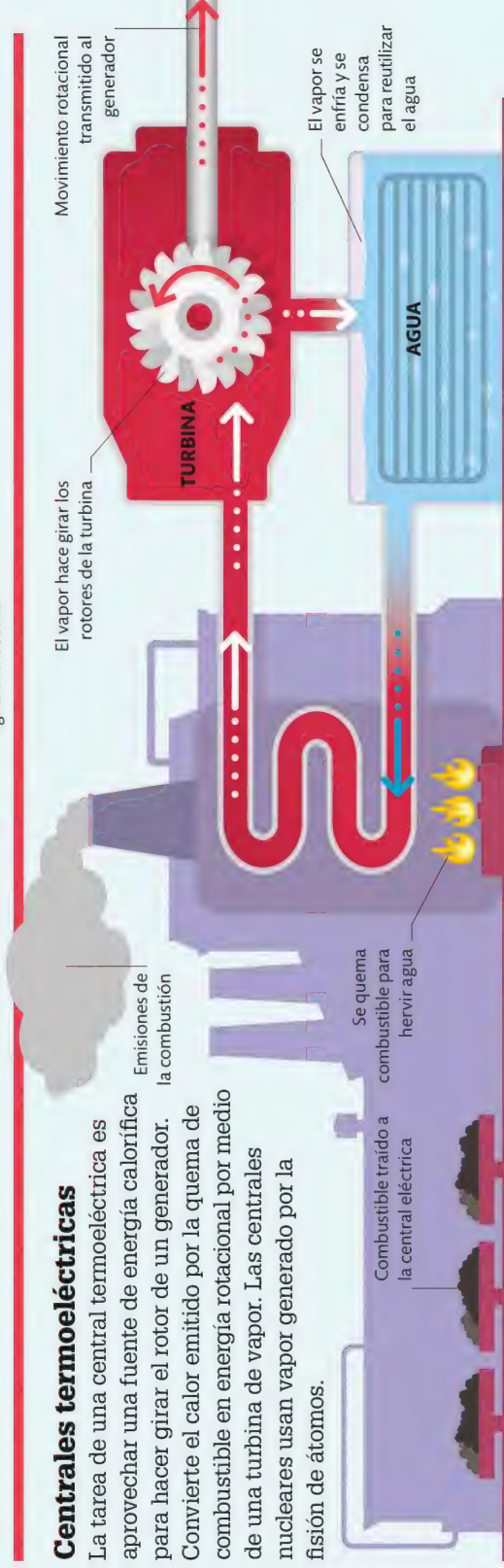
ALTERNA Y CONTINUA

Cada vez que la bobina atraviesa el campo magnético, la dirección de la corriente en su interior cambia. A esto se lo llama corriente alterna (CA). Las centrales eléctricas producen CA, pues los transformadores (ver abajo) la necesitan para inducir corriente en la bobina secundaria. En la corriente continua (CC), la conexión de la bobina con el circuito se activa a cada vuelta para que la carga se mueva en una sola dirección.



Centrales termoeléctricas

La tarea de una central termoeléctrica es aprovechar una fuente de energía calorífica para hacer girar el rotor de un generador. Convierte el calor emitido por la quema de combustible en energía rotacional por medio de una turbina de vapor. Las centrales nucleares usan vapor generado por la fisión de átomos.



1 Uso de combustible

Los combustibles son sustancias que liberan grandes cantidades de calor al quemarse, como el carbón, el gas natural y el petróleo. Las centrales eléctricas también queman madera, turba o basura.

2 Horno

El agua fluye por los tubos hasta el horno y hierve por el calor del combustible quemado. Esto genera vapor de alta presión que se dirige a una turbina.

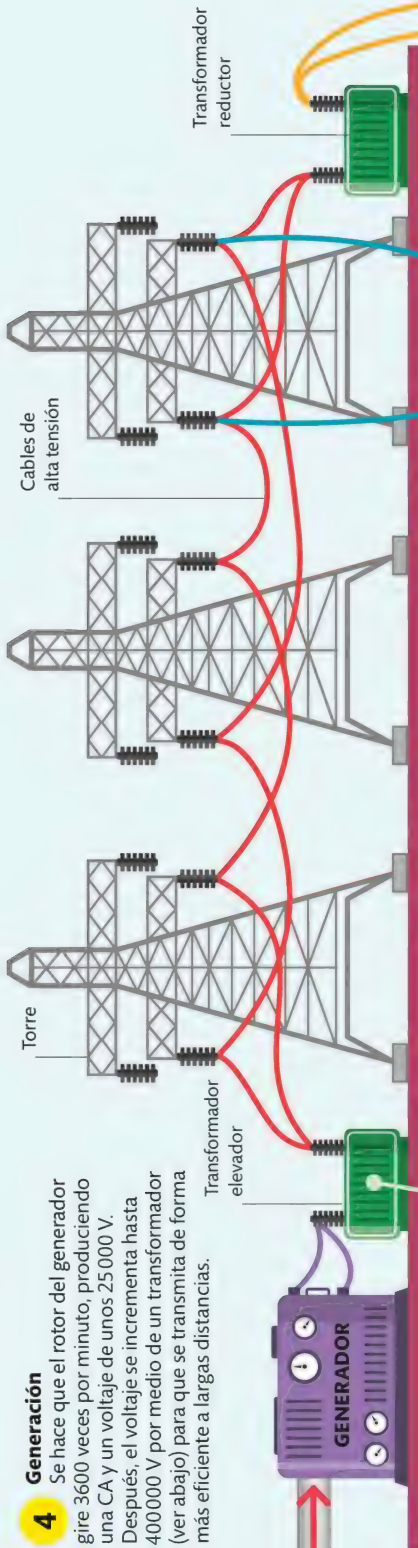
3 Turbina

La corriente de vapor fluye a través de una turbina y hace girar las palas. La presión del vapor se convierte en energía cinética y se transmite al generador.



4 Generación

Se hace que el rotor del generador gire 3600 veces por minuto, produciendo una CA y un voltaje de unos 25.000 V. Después, el voltaje se incrementa hasta 400.000 V por medio de un transformador (ver abajo) para que se transmita de forma más eficiente a largas distancias.



UNA PERSONA
DE QATAR USA
89 VECES MÁS
ENERGÍA AL AÑO
QUE ALGUIEN
DE SENEGAL



Fábrica
Las fábricas utilizan voltajes de hasta 33.000 V. Algunas poseen su propia subestación con transformadores.

La CA se induce en la bobina secundaria incrementando el voltaje y la corriente

Con menos vueltas en la bobina secundaria, voltaje y corriente son menores

La CA fluye a través de la bobina primaria

Núcleo de hierro

ELEVADOR

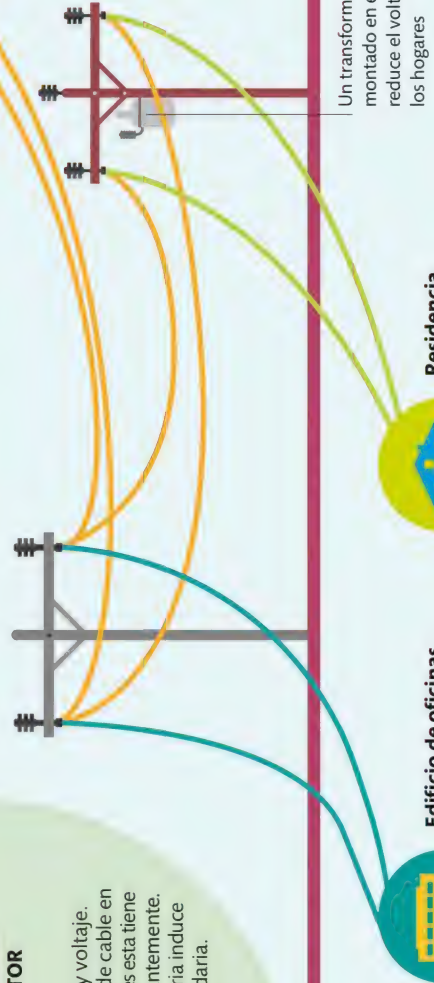
REDUCTOR

Transformadores

Un transformador modifica corriente y voltaje. Es un anillo de hierro con una bobina de cable en cada lado. Necesita suministro de CA, pues esta tiene un campo eléctrico que cambia constantemente. El campo cambiante de la bobina primaria induce un suministro de CA a la bobina secundaria.

5 Suministro eléctrico

La corriente en la red de alto voltaje es demasiado potente para los hogares. Cada área tiene una subestación donde un transformador reductor reduce el voltaje a un nivel más práctico.



Edificio de oficinas

Algunos edificios comerciales necesitan un voltaje más elevado que los hogares.

Residencia

Según el país, el suministro doméstico de electricidad está entre 110 V y 240 V.

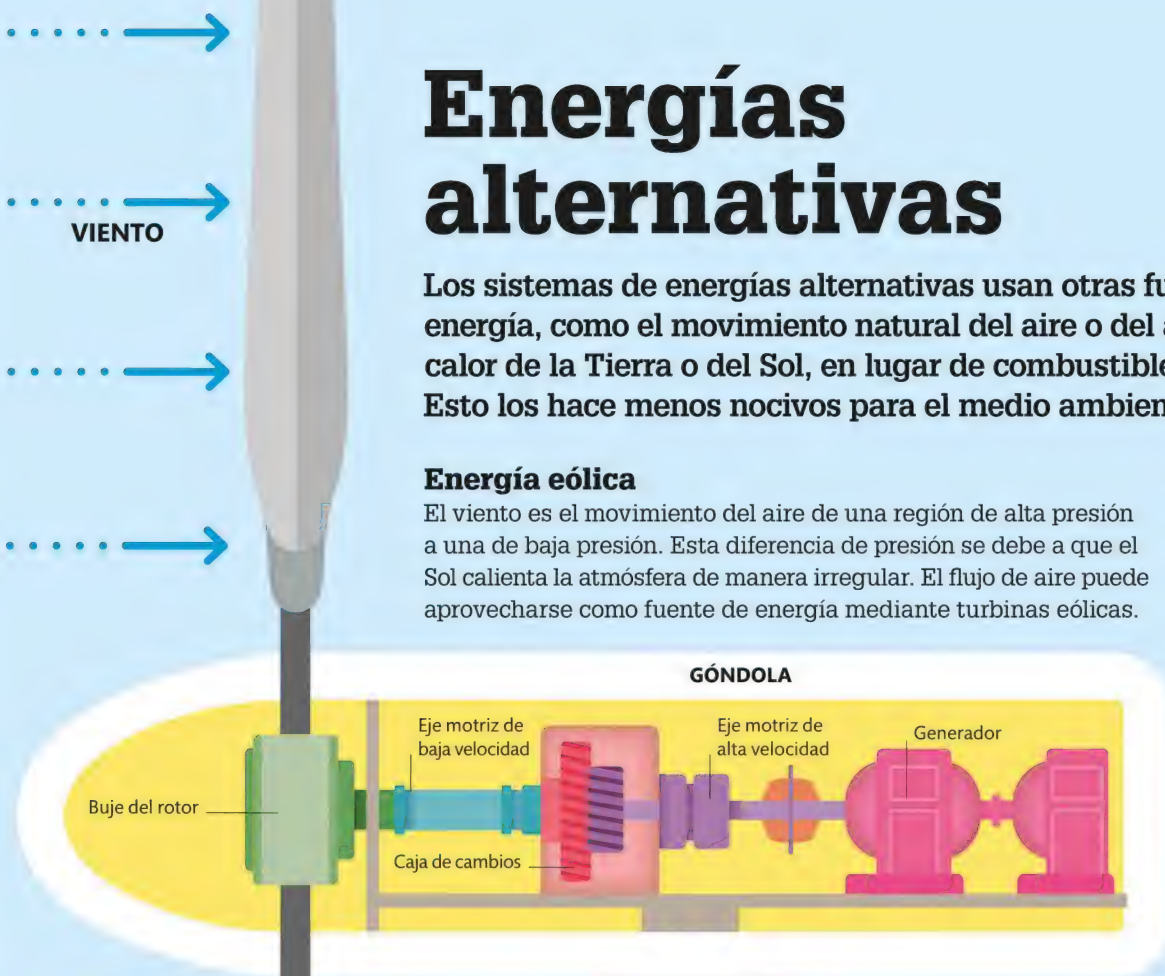
Un transformador montado en el poste reduce el voltaje para los hogares

Energías alternativas

Los sistemas de energías alternativas usan otras fuentes de energía, como el movimiento natural del aire o del agua y el calor de la Tierra o del Sol, en lugar de combustibles fósiles. Esto los hace menos nocivos para el medio ambiente.

Energía eólica

El viento es el movimiento del aire de una región de alta presión a una de baja presión. Esta diferencia de presión se debe a que el Sol calienta la atmósfera de manera irregular. El flujo de aire puede aprovecharse como fuente de energía mediante turbinas eólicas.



1 Palas

Las palas curvas funcionan a la inversa de un propulsor. Su diseño es muy preciso para transformar el movimiento lineal del aire en fuerza rotacional.

2 Cambiar de marcha

Las hélices giran despacio unas 15 veces por minuto, para producir energía con eficiencia. La caja de cambios aumenta la rotación del eje hasta unas 1800 rpm.

3 Generador

El generador convierte el movimiento rotacional del eje en energía. El generador también puede usarse como un motor de arranque: pasar electricidad en la dirección opuesta hace que las palas roten con vientos flojos.

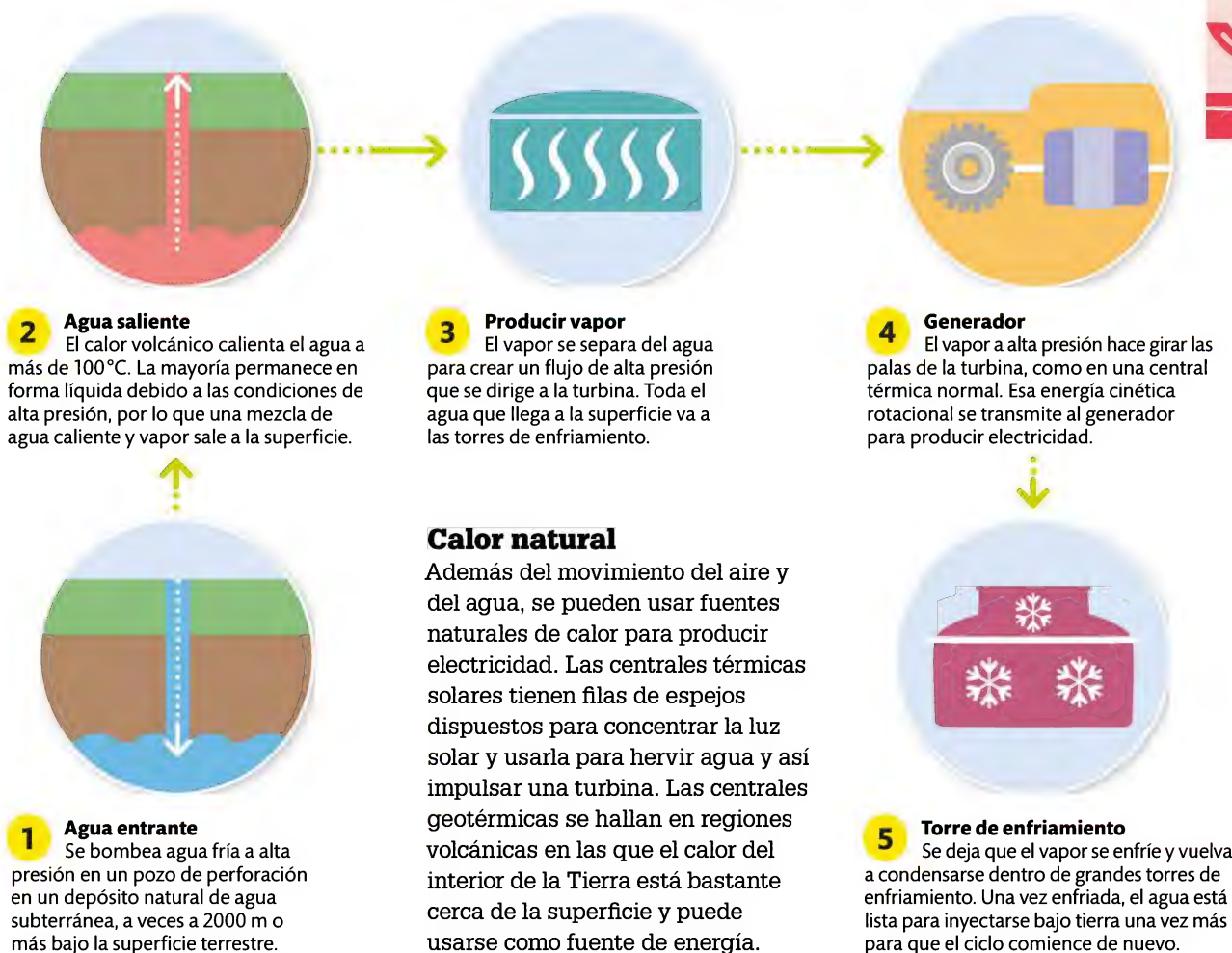
¿PODREMOS ABANDONAR LOS COMBUSTIBLES FÓSILES?

Las energías alternativas son suficientes para cubrir nuestras necesidades, pero tenemos que desarrollar formas de almacenar electricidad para prescindir de todos los combustibles fósiles.

HIDROELECTRICIDAD

Un problema de los sistemas alternativos es encontrar una fuente de energía fiable. Las centrales hidroeléctricas aprovechan el caudal de los ríos y producen dos tercios de toda la energía alternativa y casi una quinta parte de toda la producción de energía. La energía potencial del agua se transforma en energía cinética, que se usa para impulsar una turbina en la presa y generar electricidad.





Biocombustibles

Los biocombustibles contaminan menos que los combustibles fósiles. Se producen alterando químicamente materias primas que han crecido como seres vivos. Hay varias fuentes, como grano, madera y algas. El grano y la madera son problemáticos para el medio ambiente, pero se espera que las algas permitan obtener combustibles de bajo coste y baja polución, aunque su desarrollo está aún en una fase temprana.

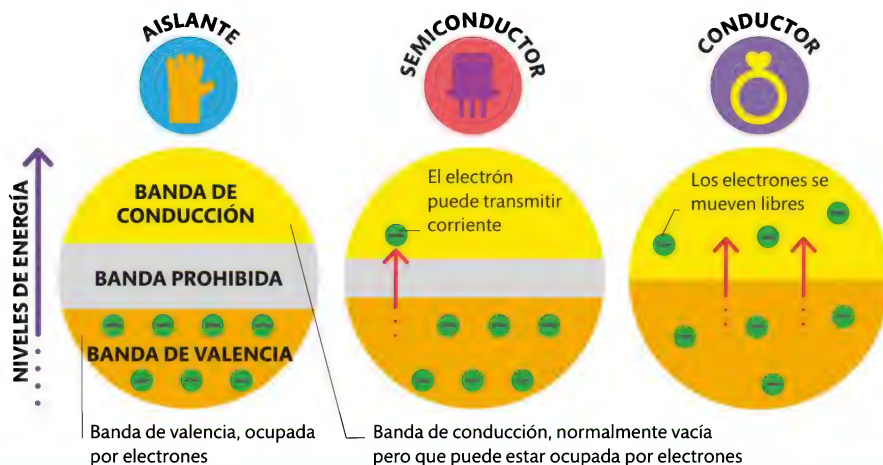


La electrónica

La electrónica es la tecnología de los componentes eléctricos y de su uso en circuitos. La mayoría de esos componentes no tienen piezas móviles, como los transistores, que se usan para controlar el flujo de electricidad.

Semiconductores

Los conductores tienen electrones libres que pueden transmitir una corriente (ver p. 81). Los aislantes tienen una gran barrera energética, o banda prohibida, que impide que los electrones fluyan y haya corriente. Los semiconductores, como el silicio, tienen una pequeña banda prohibida, y pueden pasar de ser un aislante que bloquea la electricidad a convertirse en un conductor que la transmite.



Dentro de un transistor

El cerebro de un ordenador está hecho de circuitos electrónicos en un chip. Estos circuitos siguen un conjunto de instrucciones: el programa. A finales de la década de 1940, se inventó el transistor, un dispositivo semiconductor que reemplazó los primeros dispositivos electrónicos de válvulas de vacío, que podían ser poco fiables. Un transistor está hecho de cristales de silicio «dopados», a los que se les han añadido otras sustancias para alterar sus propiedades eléctricas. El resultado es un dispositivo que controla con mucha precisión el flujo de una corriente eléctrica.

EL TAMAÑO MÍNIMO ESTIMADO DE UN TRANSISTOR ES EL DE 2 MOLÉCULAS DE AZÚCAR

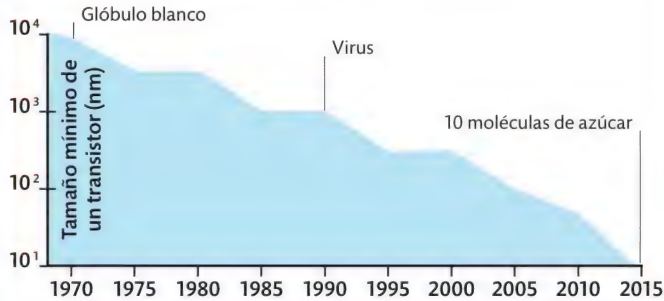


- 1 Estructura básica**
Un transistor está hecho de un semiconductor de tipo p entre dos semiconductores de tipo n. El tipo n tiene un exceso de electrones y carga negativa. El tipo p tiene «agujeros» que actúan como un exceso de carga positiva.
- 2 Zona de empobrecimiento**
Los electrones de las regiones de tipo n son empujados a las de tipo p por su carga positiva. Esto crea zonas de empobrecimiento donde no hay electrones libres que puedan transmitir una corriente. En esta etapa, no puede fluir corriente y el transistor está apagado.



LEY DE MOORE

En 1965, Gordon Moore, cofundador de Intel Electronics, predijo que los transistores se reducirían a la mitad de tamaño cada dos años. De momento, la ley de Moore se ha cumplido. Hoy en día, los transistores estándar tienen una longitud de base de 14 nanómetros. Este tamaño puede reducirse aún más, pero la tecnología electrónica alcanzará su límite en la próxima década, pues el tamaño de la base se está haciendo demasiado pequeño para formar una barrera efectiva para una corriente.

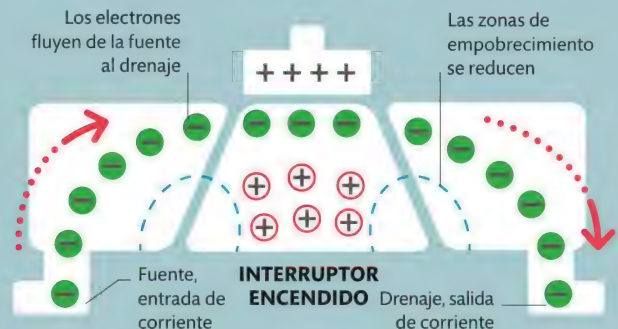
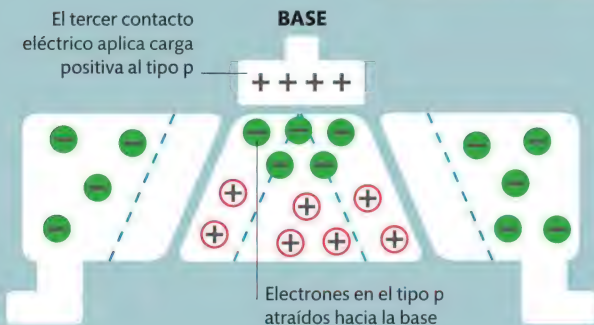
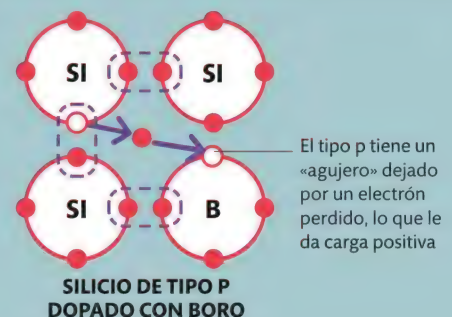
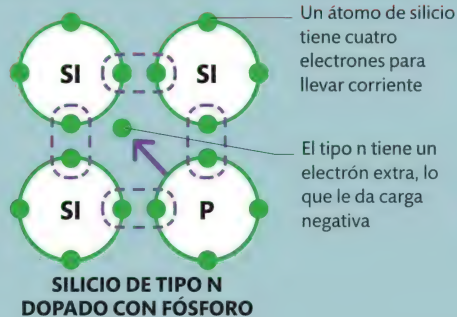


¿DE DÓNDE VIENE EL SILICIO?

El silicio es el segundo elemento más común en la corteza terrestre. Se refina quemando arena, que contiene silicio, mezclada con hierro fundido.

Dopar silicio

El propósito de dopar el silicio es incrementar o reducir su número de electrones. Añadir átomos de fósforo introduce un electrón extra, mientras que añadir boro elimina un electrón, creando en el cristal un espacio vacío, o «agujero».



3 Aplicar carga

Un transistor, además de tener una fuente y un drenaje por los que la corriente entra y sale, posee un tercer contacto eléctrico llamado base, que aplica una carga positiva a la sección de tipo p. Al encenderse, la base atrae a los electrones a las zonas de empobrecimiento.

4 Corriente en movimiento

La base crea una zona de electrones libres que atraviesa el transistor, reduciendo las zonas de empobrecimiento para que pueda pasar una corriente eléctrica. En este estado, el transistor está encendido. Si la base está apagada, los electrones se detienen y el transistor se apaga de nuevo.

Microchips

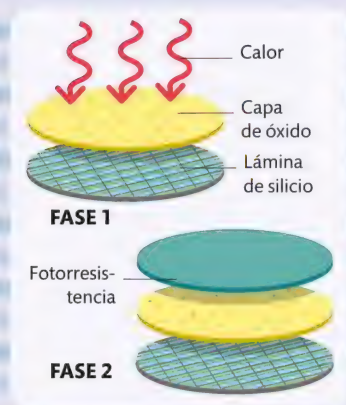
Un microchip es un componente que encontramos en todo tipo de objetos, desde teléfonos hasta tostadoras. Fabricar un microchip conlleva montar componentes electrónicos diminutos en una pieza de silicio puro.

Fabricar un microchip

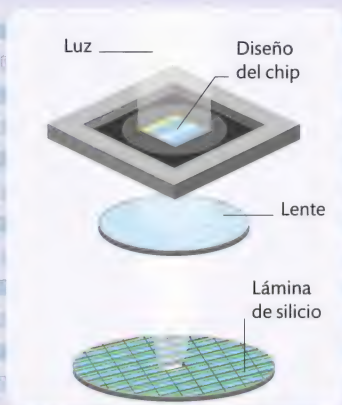
Un microchip es un circuito integrado en el que todos los componentes y las conexiones eléctricas entre ellos se encuentran en una sola pieza de material. Los circuitos de un microchip se graban en la superficie de silicio. Los diminutos cables se hacen de cobre y de otros metales, y los transistores y otros componentes electrónicos se hacen dopando el silicio (ver pp. 88-89) y añadiendo otros semiconductores.

¿QUÉ ES EL MICROCHIP QUE LLEVAN NUESTRAS MASCOTAS?

Es un microchip que contiene un pequeño transmisor de radio y se inserta bajo la piel del animal. Cuando se pasa el lector cerca, aparece un código único que se enlaza con los datos del dueño.



1 Revestimientos
Se calienta una lámina de silicio puro para crear una fina capa de óxido superficial. Después se añade un revestimiento sensible a la luz llamado fotorresistencia.



2 Exposición
Se imprime un gran negativo del chip en un material transparente. Después, se enfoca el diseño en la fotorresistencia con luz. En cada lámina de silicio caben muchos chips idénticos.



3 Desarrollo
Las zonas del silicio que se exponen a la luz se eliminan y dejan a la vista la capa de óxido que hay debajo. Algunas partes del diseño tienen solo unos átomos de ancho.

Usar la lógica

Para tomar decisiones, un circuito integrado usa combinaciones de transistores y diodos que forman puertas lógicas. Una puerta lógica compara corrientes eléctricas entrantes y envía una corriente en función de una lógica matemática llamada álgebra booleana, conjunto de operaciones en las que la respuesta es siempre «verdadero» o «falso», que se representan con un 1 o un 0.

Puerta AND

Este componente tiene dos entradas. Solo se enciende (salida en 1) si ambas entradas están en 1.

ENTRADA

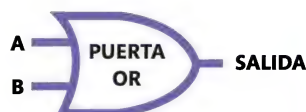


Entrada A	Entrada B	Salida
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Puerta OR

Una puerta OR es lo contrario de una puerta AND: siempre tiene una salida de 1 a no ser que las dos entradas sean 0.

ENTRADA



Entrada A	Entrada B	Salida
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Los componentes electrónicos se identifican con símbolos específicos. Los diseñadores de chips los usan para crear nuevos circuitos integrados. Los chips modernos tienen miles de millones de componentes, por lo que los seres humanos hacen el diseño del chip y un ordenador lo convierte en un circuito de puertas lógicas. Se necesitan más de mil personas para crear y probar un nuevo diseño de chip.



Diode
Un canal de un solo sentido que permite que solo pase corriente en una dirección



led (diodo emisor de luz)
Usa un semiconductor para que los electrones liberen luz coloreada



Fotodiodo
Genera corriente solo cuando brilla una luz sobre él



Transistor NPN
Se enciende cuando se aplica corriente a la base

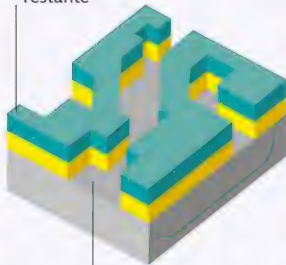


Transistor PNP
Se enciende cuando no hay corriente en la base



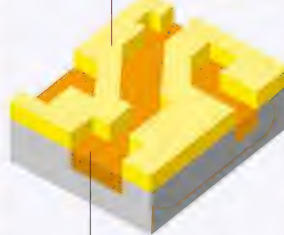
Condensador
Almacena carga, que puede ser liberada después en el circuito

Fotorresistencia restante



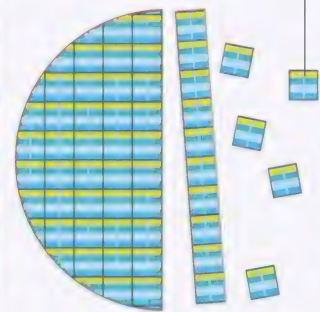
Capa expuesta de óxido eliminada

La fotorresistencia restante se elimina



Silicio dopado añadido para formar componentes

Chips cortados



4 Grabado

Se usan sustancias químicas para eliminar las partes expuestas de la capa de óxido, labrando precisos canales en la superficie de silicio.

5 Dopaje

El silicio se dopa para dotarlo de propiedades útiles y los canales se llenan con precisas mezclas de sustancias para crear componentes.

6 Cortar y montar

Los chips se cortan y se les da una capa protectora de plástico o vidrio. Al montarlos en un circuito impreso, estarán conectados a otros chips y a una fuente de alimentación.

Puerta NOT

Esta puerta lógica cambia la entrada y por eso su salida es siempre lo contrario de la entrada.

ENTRADA



Entrada	Salida
0	1
1	0

Puerta XOR

Una puerta exclusiva OR, o XOR, detecta la diferencia de entradas y siempre tiene salida de 0 si las entradas son iguales.

SALIDA

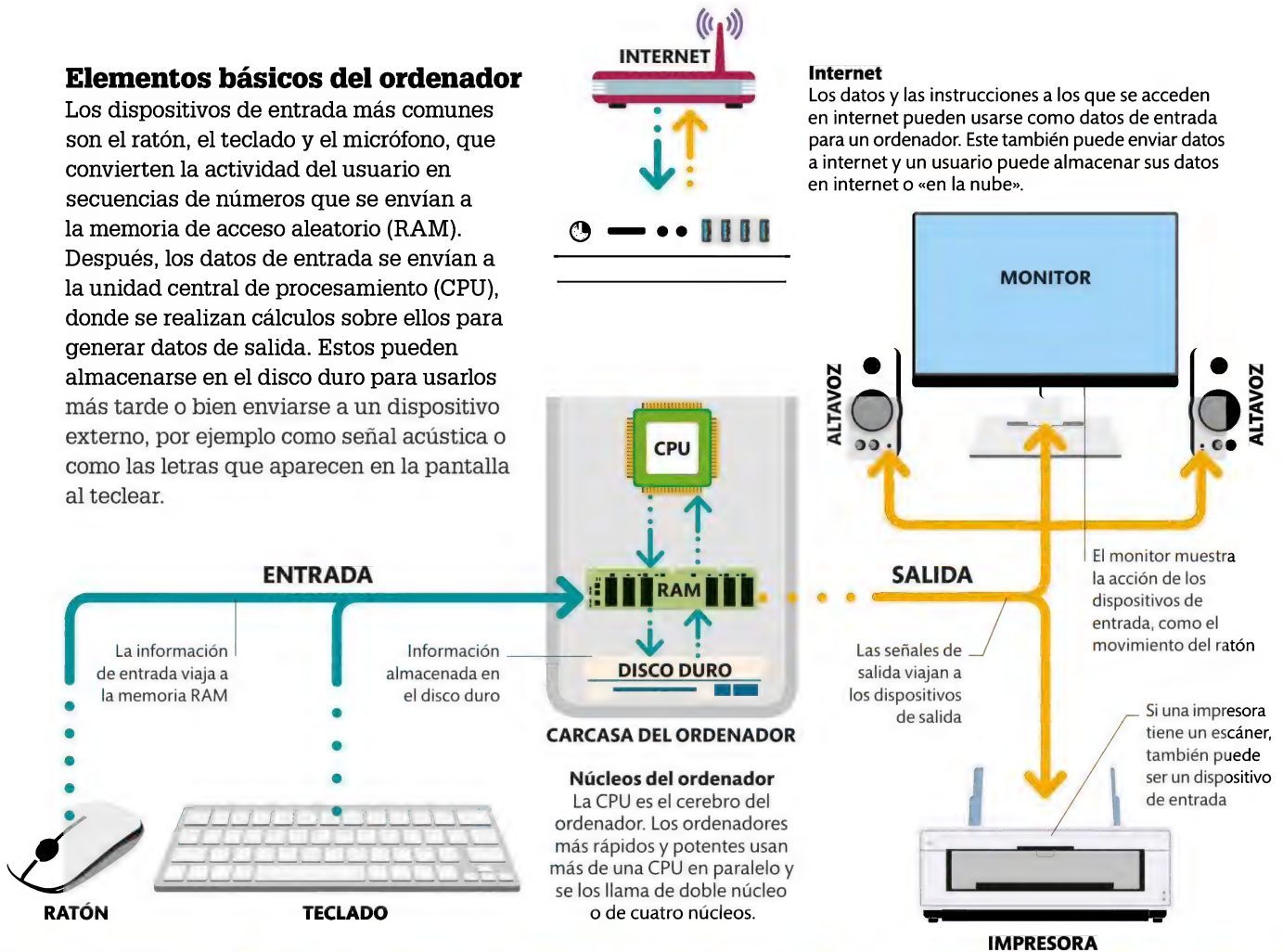


Entrada A	Entrada B	Salida
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

CIENTOS DE MILLONES DE TRANSISTORES CABRÍAN EN LA CABEZA DE UN ALFILER

Elementos básicos del ordenador

Los dispositivos de entrada más comunes son el ratón, el teclado y el micrófono, que convierten la actividad del usuario en secuencias de números que se envían a la memoria de acceso aleatorio (RAM). Después, los datos de entrada se envían a la unidad central de procesamiento (CPU), donde se realizan cálculos sobre ellos para generar datos de salida. Estos pueden almacenarse en el disco duro para usarlos más tarde o bien enviarse a un dispositivo externo, por ejemplo como señal acústica o como las letras que aparecen en la pantalla al teclear.



Cómo funciona un ordenador

En su forma más simple, un ordenador es un dispositivo que toma una señal de entrada y la transforma en una señal de salida según un conjunto de reglas preprogramadas. La verdadera ventaja de este sistema es que puede realizar cálculos de forma más rápida y precisa que un ser humano.

CÓDIGOS INFORMÁTICOS

Una CPU maneja datos usando solo ceros y unos en secuencias de 8, 16, 32 y 64. Los seres humanos solemos simplificar el largo código binario en hexadecimal, sistema que usa 16 numerales: de 0 a 9, y después las letras A a la F para representar los números del 10 al 15.



1111
BINARIO



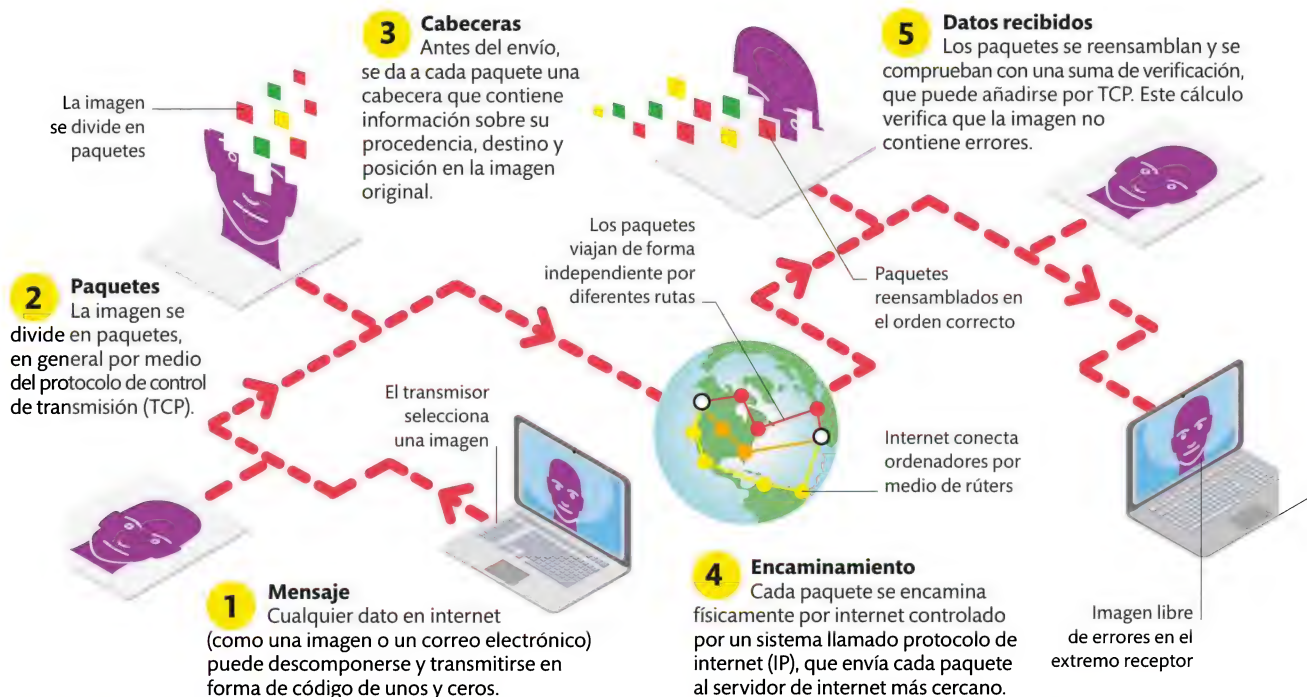
15 = F
HEXADECIMAL



Cómo funciona internet

En una red de ordenadores, estos pueden estar conectados directamente o comunicarse entre ellos a través de otros ordenadores. Internet es una red sin un punto central. En lugar de ello, se envían los datos desde un dispositivo fuente a un receptor.

EL SUPERORDENADOR MÁS RÁPIDO DEL MUNDO PUEDE REALIZAR 200 000 BILLONES DE CÁLCULOS POR SEGUNDO



Discos duros

La mayoría de los ordenadores usan un disco duro para almacenar la información. Un disco duro graba datos en un patrón físico de zonas magnetizadas y desmagnetizadas. Estos patrones permanecen cuando se apaga la corriente. Cada disco duro tiene varios platos que giran miles de veces por minuto. Algunos ordenadores, como los teléfonos y muchos portátiles, utilizan una memoria *flash* de estado sólido en lugar de un disco duro, que guarda datos en chips de memoria.



Lectura y escritura

El cabezal de lectura/escritura lee cada plato. Su electroimán detecta los patrones magnéticos en el plato y escribe nuevos patrones.

¿QUÉ ES UN BYTE?

Un dígito en un código informático recibe el nombre de *bit*. Los *bits* suelen aparecer en secuencias de ocho llamadas *bytes*. Cuatro *bits*, o medio *byte*, reciben el nombre de *nibble*.

Realidad virtual

Durante muchos años, la tecnología no ha estado a la altura de las expectativas sobre realidad virtual (RV). Solo en los últimos tiempos se ha hecho popular. Un casco de RV debe hacer muchas cosas para convencer al usuario de que está en otro lugar.

Dentro de un casco de RV

El término *virtual*, en este contexto, se refiere a algo que no es real pero que es visible y tangible y con lo que se puede interactuar como si fuera real. Un buen ejemplo es una imagen virtual en un espejo, donde los objetos parecen estar «detrás» de este. Un casco de RV usa una pantalla para llenar el campo visual del usuario con parte de una escena virtual. Al mover el casco, la vista de la escena cambia de forma acorde.

Una correa sujeta la pantalla

Los auriculares ofrecen sonido

La máscara bloquea la luz exterior

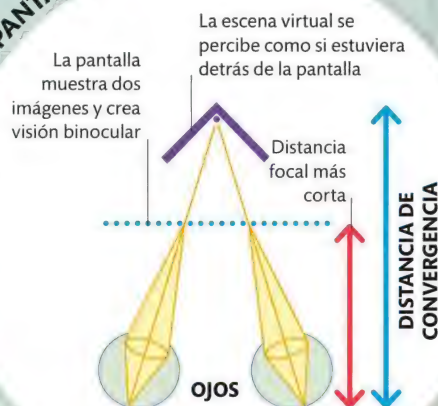
La posición ajustable de la pantalla permite enfocar

El sensor detecta movimiento

MUNDO REAL



PANTALLA 3D



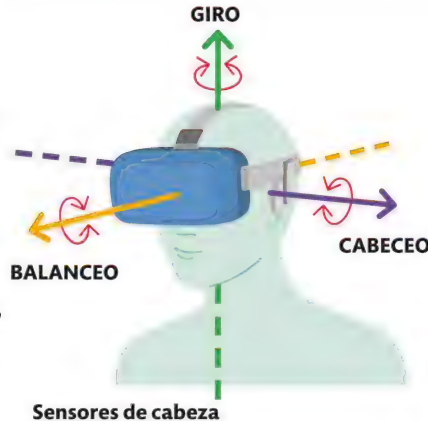
Visión binocular

La pantalla de RV presenta dos imágenes: el ojo derecho ve una imagen desplazada ligeramente a la derecha en relación con la del ojo izquierdo. Este sistema se llama estereoscopia e imita la visión real para crear la ilusión de una escena virtual de 3D.



Sensores

Para que la experiencia de RV sea verdaderamente inmersiva, el casco registra el movimiento de la cabeza y los ojos del usuario y altera la escena de forma acorde. Así, el usuario ve el espacio virtual de una forma natural. Para registrar el movimiento de sus brazos y piernas, se usa un dispositivo aparte que proyecta rayos infrarrojos sobre el cuerpo. Esto permite al usuario interactuar más con su entorno virtual.



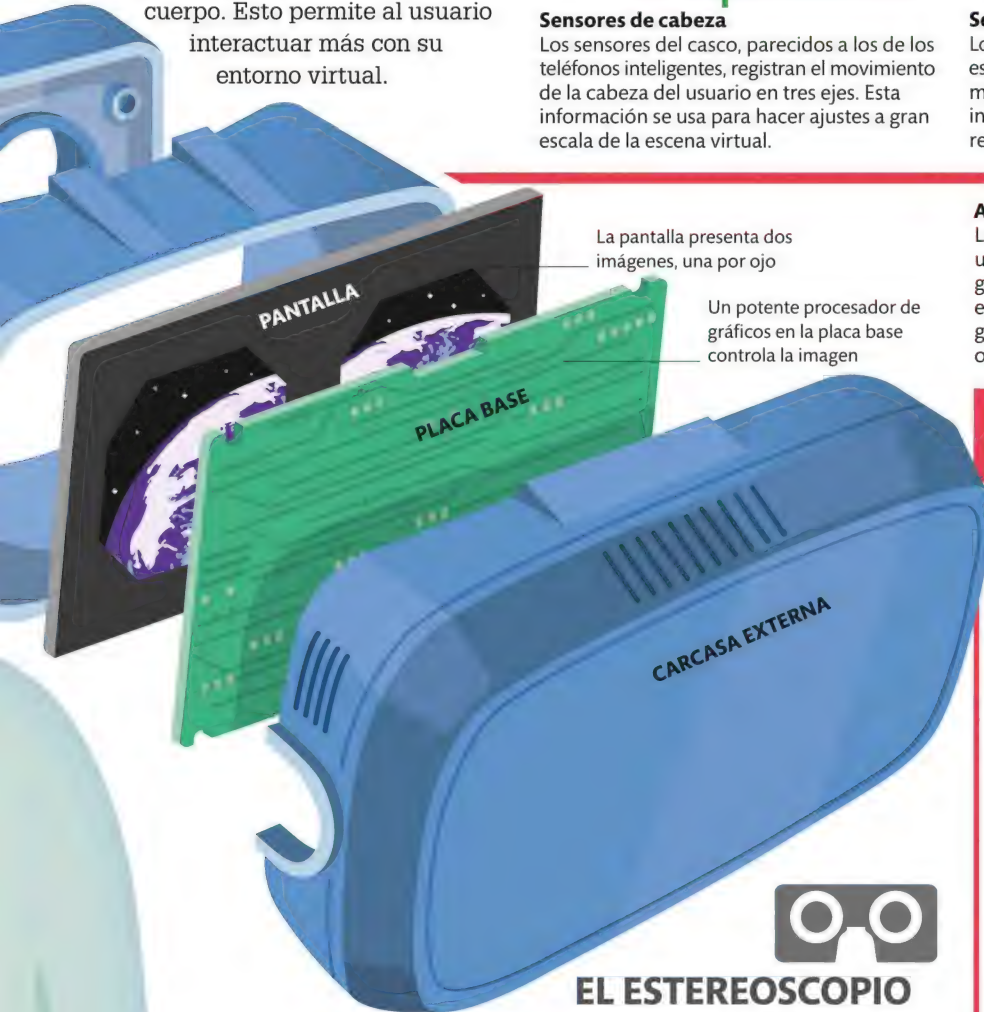
Sensores de cabeza

Los sensores del casco, parecidos a los de los teléfonos inteligentes, registran el movimiento de la cabeza del usuario en tres ejes. Esta información se usa para hacer ajustes a gran escala de la escena virtual.



Sensores oculares

Los ojos solo pueden enfocar una parte de una escena. Las pantallas de RV muestran la imagen más nítida en ese punto. Se proyecta luz infrarroja en el ojo y una cámara analiza los reflejos para registrar la dirección de la mirada.



La pantalla presenta dos imágenes, una por ojo

Un potente procesador de gráficos en la placa base controla la imagen

Alterar la percepción

Los cascos de RV engañan a la percepción del usuario para que experimente un espacio 3D generado por ordenador. Además de sonido e imágenes, los dispositivos «hápticos» en guantes y otras prendas permiten sentir los objetos virtuales.

REALIDAD AUMENTADA

La realidad aumentada (RA) emplea tecnología parecida a la RV, pero los gráficos generados por ordenador de la RA se superponen a la escena real. Los usuarios de RA ven la escena a través de la pantalla de una cámara –por ejemplo, en un teléfono inteligente– o proyectada en una pantalla transparente, como unas gafas.

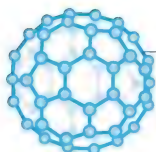
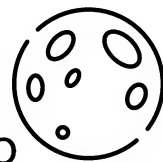


**EL ESTEREOSCOPIO
SE INVENTÓ EN 1838,
ANTES INCLUSO QUE
LA FOTOGRAFÍA**

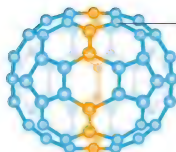
Nanotubos

Los nanotubos de carbono son estructuras cilíndricas de tan solo unos nanómetros de ancho. Aún miden solo unos milímetros, pero se podrían hacer nanotubos más largos de un material muchas veces más resistente que el acero y con otras útiles propiedades, como baja densidad.

UN NANOTUBO QUE LLEGARA A LA LUNA SERÍA, ENROLLADO, COMO UNA SEMILLA DE AMAPOLA

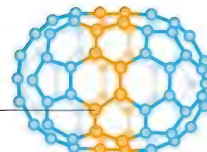


Esfera de carbono que se da en la naturaleza



Esfera hecha de pentágonos y hexágonos

Se añaden átomos extras de carbono



1 Plantar nanotubos

Una forma de construir nanotubos es «plantarlos» a partir de una esfera de 60 átomos que se da en la naturaleza, llamada *buckybola*.

2 Añadir hexágonos

La mayor parte de la esfera está hecha con hexágonos de carbono. Se incrementa la longitud de la *buckybola* añadiendo más.

3 Aumentar la longitud

Se añaden a la esfera anillos sucesivos de 10 átomos de carbono. Con 1 mm de largo, el tubo tendrá más de un millón de átomos.

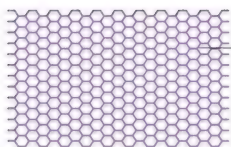
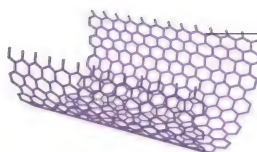
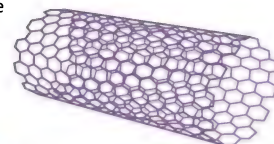


Lámina de grafeno de un átomo de grosor



El modo en que se enrolla la lámina determina su conductividad



1 Enrollar nanotubos

Otro método para fabricar nanotubos es enrollar una lámina de hexágonos de un átomo de grosor del carbono llamado grafeno.

2 Flexible y resistente

El grafeno es muy rígido en todas direcciones, y puede doblarse de diferentes formas (en este caso, enrollándolo).

3 A enrollar

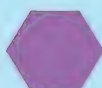
Enrollar una lámina de grafeno da un nanotubo de una pared. Los de paredes múltiples se crean metiendo un tubo dentro de otro.

AGUA



10^{-1}

GLUCOSA



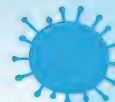
1

ANTICUERPO



10

VIRUS



10^2

BACTERIA

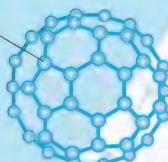


10^3

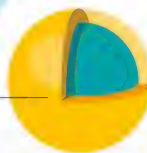
NANÓMETROS

Dentro de una *buckybola* podrían transportarse átomos y pequeñas moléculas

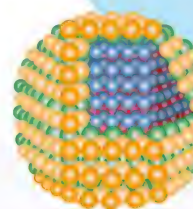
Oro que rodea el cristal de sílice, que posee útiles propiedades ópticas en la terapia contra el cáncer



BUCKYBOLA



NANOESEFERA



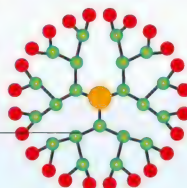
PUNTOS CUÁNTICOS

Se pueden dar propiedades específicas a racimos de moléculas y átomos semiconductores

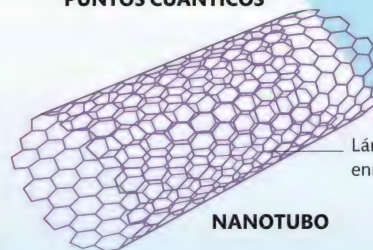
Tecnología diminuta

Las nanopartículas tienen una gran área de superficie en relación con su volumen, lo que significa que reaccionan muy rápidamente. Poseen propiedades únicas que no comparten con la misma sustancia en otra escala. Existe preocupación por el hecho de que las nanopartículas sean tan pequeñas que puedan causar daños en el cuerpo de una persona al entrar en el cerebro por la sangre.

Un polímero ramificado podría servir para transportar, entregar o recoger materiales



DENDRÍMERO



NANOTUBO

Lámina de carbono enrollada (ver arriba)

NANOESTRUCTURAS

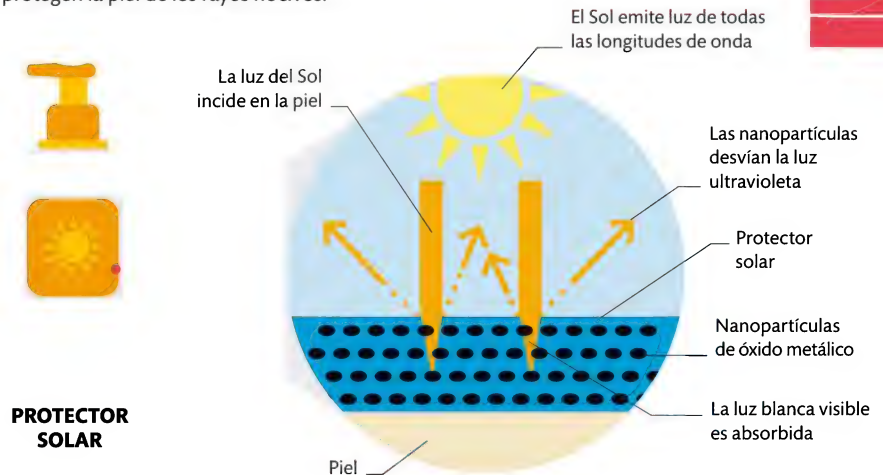


Usos de la nanotecnología

La nanotecnología podría cambiar el futuro de la construcción, la medicina y la electrónica. Una teoría es que máquinas diminutas, los nanorrobots, podrían actuar en el interior del cuerpo suministrando medicamentos. Otra propuesta es que herramientas microscópicas podrían ensamblar objetos molécula a molécula. Estas tecnologías aún están a décadas de distancia, pero los materiales nanotecnológicos ya se usan. Por ejemplo, el vidrio resistente a arañazos se endurece con una capa de nanopartículas de solo unos nanómetros de grosor, por lo que es transparente.

Protector solar transparente

En las cremas solares se usan nanopartículas de óxido de cinc y de óxido de titanio. Los diminutos cristales protegen la piel de los rayos nocivos.



Televisor OLED

La tecnología de diodo orgánico de emisión de luz (OLED) produce luz electrificando una capa de moléculas. Las pantallas OLED son finas y flexibles.



Ordenadores más pequeños

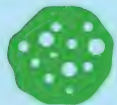
Pronto se instalarán cables de nanotubos y puntos cuánticos en los microchips, haciéndolos más pequeños y potentes.



Megaestructuras

Añadir nanotubos a materiales de construcción los haría mucho más resistentes, lo que permitiría construir estructuras mucho más grandes.

CÉLULA CANCERÍGENA



10^4

PUNTA DE LÁPIZ



10^5

PUNTO ORTOGRÁFICO



10^6

MONEDA DE DIEZ CENTAVOS



10^7

PELOTA DE TENIS



10^8

Nanotecnología

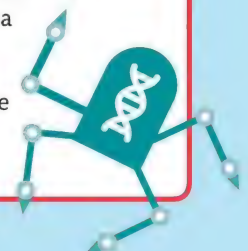
La miniaturización ha sido siempre un objetivo de la ingeniería. La nanotecnología pretende construir máquinas diminutas con átomos y moléculas.

La nanosecala

El prefijo *nano* significa «una milmillonésima parte». Hay mil millones de nanómetros (nm) en un metro, y este punto ortográfico tiene un millón de nanómetros de ancho. Las nanomáquinas, o nanorrobots, son máquinas hipotéticas capaces de realizar acciones en la nanoescala y que podrían tener entre 10 y 100 nm de grosor.

USAR ADN

Una propiedad útil del ADN es que puede crear copias de sí mismo, de modo que una hebra de ADN sirve de plantilla para la nueva. Esta propiedad podría manipularse para fabricar dispositivos a escala microscópica parecidos al ADN y que, en teoría, podrían cambiar de forma y funcionar como máquinas.



Robots y automatización

Un robot es una máquina construida para realizar acciones complejas. Puede accionarla remotamente un ser humano, pero suelen diseñarse para funcionar de forma autónoma.

¿Para qué sirven los robots?

Los componentes de un robot se mueven de forma independiente en varias direcciones. Esto permite al robot realizar ciertas tareas complejas que de otro modo necesitarían un trabajador humano. Los robots suelen estar limitados a aplicaciones en las que tienen amplias ventajas sobre los seres humanos, como trabajar en lugares peligrosos o realizar tareas repetitivas.

¿REEMPLAZARÁN LOS ROBOTS A LAS PERSONAS?

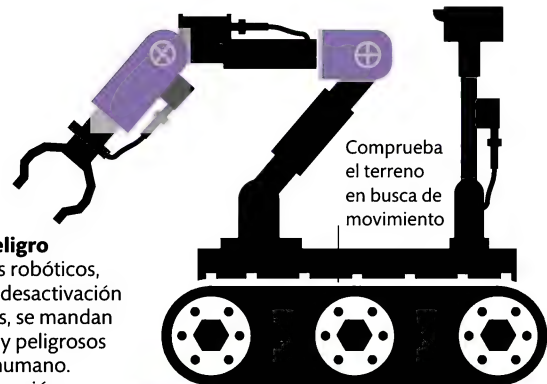
Los robots mecánicos están diseñados para un pequeño número de tareas y están muy lejos aún de la versatilidad del cuerpo humano.



El largo brazo puede levantar cargas pesadas

Tareas repetitivas

Los robots de ensamblaje están programados para hacer tareas repetitivas. No se cansan o aburren, pero son incapaces de modificar sus acciones en respuesta a un suceso inesperado.



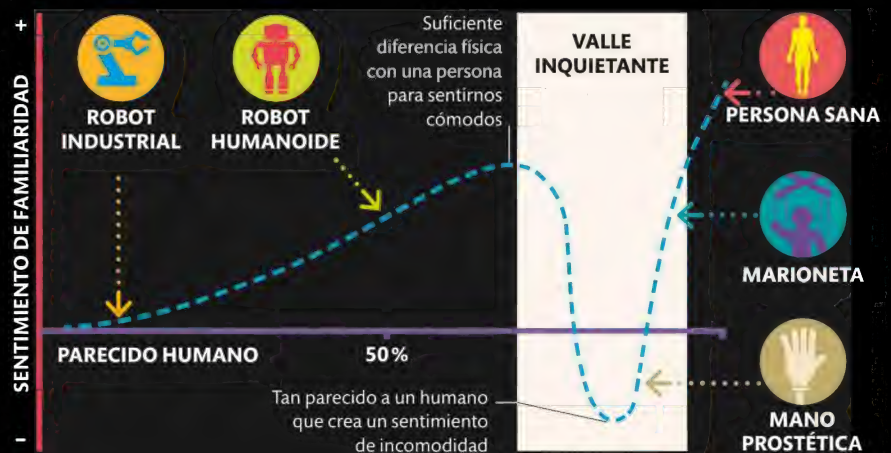
Comprueba el terreno en busca de movimiento

Zonas de peligro

Los vehículos robóticos, como los de desactivación de explosivos, se mandan a lugares muy peligrosos para un ser humano. Envían información a un operador humano.

Actroides

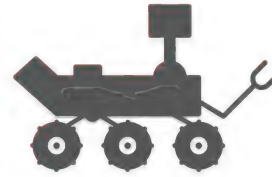
Muchos ingenieros han intentado construir máquinas que emulen la forma humana. Un desarrollo reciente en este campo es el Actroide, un robot realista y de piel blanda que reconoce y responde a expresiones verbales y faciales. Sin embargo, los diseñadores tienen que luchar contra el llamado valle inquietante, que consiste en que las réplicas humanas inanimadas resultan extrañas e incluso terroríficas cuanto más se parecen a humanos vivos.





MOTOR DE PASOS

Las articulaciones robóticas que se doblan o giran usan principalmente un tipo de motor llamado motor de pasos. Estos motores utilizan una serie de electroimanes que mueven cada uno un eje unos grados cada vez. Como resultado, se puede hacer que el motor realice giros muy precisos.



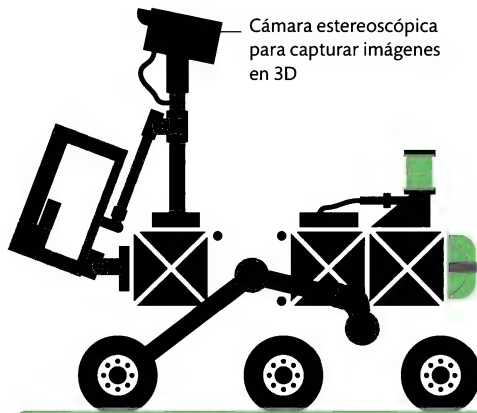
EL **CURIOSITY**, EN MARTE, PUEDE **TOMAR MUESTRAS PARA ANÁLISIS DESDE 7 M**

Otros mundos

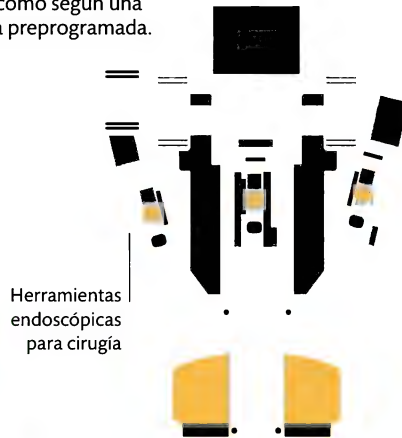
Los laboratorios móviles, como los *rovers* de exploración de Marte, siguen rutas que les envían sus operadores pero pueden responder de forma autónoma a los peligros.

Se requiere precisión

Los robots quirúrgicos pueden llevar a cabo incisiones y procedimientos muy precisos tanto dirigidos por un médico humano como según una secuencia preprogramada.

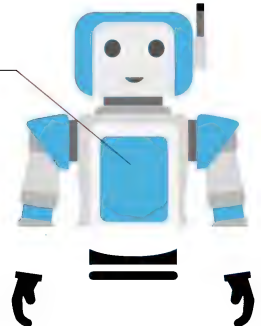


EXPLORACIÓN



CIRUGÍA

Pantalla usada para la comunicación



Tareas de bajo nivel

Algún día, robots capaces de limpiar y transportar reemplazarán a los cuidadores, pero programar un robot que pueda hacer esto es muy difícil.



TAREAS DOMÉSTICAS

Vehículos autónomos

Los coches que se mueven sin conductor por las carreteras y responden a su entorno son un tipo de robots. El éxito de los vehículos autónomos está en su habilidad para interpretar dónde están y qué ocurre a su alrededor. Se usan diferentes sistemas de detección para crear una imagen completa de lo que les rodea.



Cámara

Detecta la carretera, las señales y otros signos viales.



Radar

Detecta la dirección y la velocidad de los objetos móviles o estacionarios.



LIDAR

Este detector láser determina el tamaño y la forma de los objetos.

Inteligencia artificial

La inteligencia puede concebirse como la habilidad de tomar decisiones sobre lo adecuado en determinada circunstancia. Uno de los objetivos de la ciencia computacional es crear dispositivos con inteligencia artificial (IA).

¿Débil o fuerte?

La mayoría de los sistemas de IA son débiles: son incapaces de funcionar fuera de criterios programados por sus creadores humanos. Una IA fuerte es potencialmente más versátil: podría hacer casi todo lo que puede hacer un cerebro humano. Sería lo bastante inteligente como para saber que no sabe algo y aprenderlo.

¿PODRÍA DOMINARNOS LA IA?

Es poco probable que la IA sea pronto tan inteligente como nosotros. Aun así, confiamos en que tome decisiones por nosotros sin entender cómo lo hace.

DÉBIL



IA débil

Un sistema de recomendación, como los de las noticias de las redes sociales, es una IA débil. Puede buscar y seleccionar elementos relacionados con lo que ya hemos visto.



Experto

Un ordenador de ajedrez es un sistema experto. Decide sus jugadas consultando una base de datos recopilada por un experto jugador de ajedrez humano.



Reconocimiento de voz

Un asistente activado por voz aprende a reconocer palabras y a analizar las frases para ofrecer las mejores respuestas. A pesar de ello, no comprende su significado.



IA fuerte

El sistema Watson, de IBM, es capaz de resolver numerosos problemas, desde participar en concursos a asesorar a médicos, todo basado en la misma infraestructura. Es lo más parecido que tenemos a la IA fuerte.



Computación cuántica

El futuro de la IA puede estar en la computación cuántica, en la que un nuevo tipo de procesador podrá manejar cantidades de datos mucho mayores que los actuales supercomputadores.

FUERTE

Tipos de inteligencia artificial

La idea más común sobre la inteligencia artificial (IA) es un dispositivo no humano con una inteligencia parecida a la nuestra. No obstante, es poco probable que la IA funcione así pronto (o nunca). Las IA que existen hoy en día están centradas en una estrecha franja de tareas muy específicas. Sin embargo, son capaces de realizar esas tareas más rápidamente y con más precisión que una inteligencia humana.

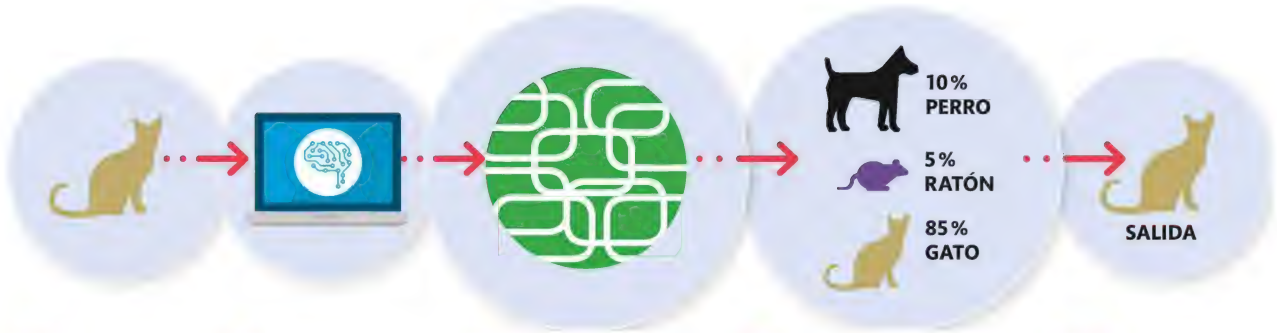


Aprendizaje de máquinas

Se llama aprendizaje de máquinas a permitir que un sistema informático aprenda a ajustar su comportamiento en respuesta a nuevas situaciones. Para eso hace falta una red neuronal artificial –inspirada en las células interconectadas de los cerebros animales– que pueda aprender procesando información y usándola para hacer suposiciones informadas. Cuando se equivoca, ajusta sus suposiciones para hacerlo mejor la próxima vez.

Ensayo y error

Durante el aprendizaje de máquinas supervisado, su creador humano le dice al sistema si sus respuestas son correctas o no. El sistema aplica y cambia pesos, o inclinaciones, en los nodos de la red para lograr la respuesta correcta.



- 1 Entrada**
El sistema introduce en la red neuronal una imagen formada por un patrón de píxeles de distintas intensidades de color.
- 2 Aprendizaje**
El objetivo del ordenador es reconocer los patrones entre los píxeles que asocia con diferentes animales. Al principio, sencillamente adivina al azar.
- 3 Análisis**
Los datos sobre los píxeles pasan a través de capas dentro de la red neuronal. Cada capa adquiere más información sobre los patrones de píxeles.
- 4 Aprendizaje de máquinas**
Tras muchos intentos de aprendizaje (de centenares a miles de millones), la red neuronal mejora a la hora de reconocer los patrones de píxeles que pueden representar a un perro, un gato o un ratón.
- 5 En uso**
Después de que el sistema de IA ha aprendido su tarea, puede usarse para analizar imágenes (u otra tarea) de forma automática.

Test de Turing

Uno de los pioneros de la ciencia computacional, Alan Turing, formuló un test para saber si un ordenador es inteligente. Un juez humano mantiene una conversación de texto con un ordenador y con un humano de prueba. Si el juez no puede saber cuál es el humano y cuál es el ordenador, el ordenador ha pasado el test de Turing.

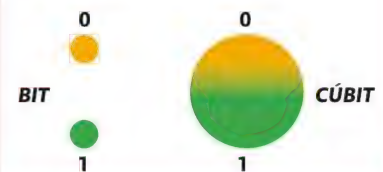
Experimento a doble ciego

Los jueces no ven con quién hablan. En pruebas más avanzadas, el juez muestra imágenes y habla con los sujetos.



BITS CUÁNTICOS

Los ordenadores clásicos usan dígitos binarios (*bits*) que almacenan: un 1 o un 0. Los ordenadores cuánticos usan *bits* cuánticos, o *cúbits*, que tienen una cierta probabilidad de ser unos o ceros y que, por tanto, almacenan dos fragmentos de información a la vez. La potencia de los ordenadores cuánticos proviene de usar *cúbits* juntos; un procesador de 32 *cúbits* maneja 4 294 967 296 *bits* a la vez.



Ondas

Las ondas son oscilaciones o fluctuaciones rítmicas que se dan en la naturaleza. La luz y el sonido son ejemplos de ondas. Aunque las ondas adoptan formas diferentes, hay ciertas características que todas comparten.

Tipos de ondas

Una onda es un ejemplo de energía que se desplaza de un lugar a otro. Todas las ondas exhiben los mismos comportamientos básicos debido a su movimiento oscilatorio, el cual puede generarse de tres formas diferentes. El sonido es una onda longitudinal. La luz y otros tipos de radiación son ondas transversales y no requieren un medio por el que viajar. Las olas son un ejemplo del complejo tercer tipo, llamado ondas de superficie u ondas sísmicas.

Onda de superficie

El agua en una onda de superficie no se mueve hacia delante con la onda, sino que se mueve en bucles, produciendo cimas y valles de igual altura a lo largo del nivel del agua en condiciones de calma.



Medir las ondas

Todas las ondas, en cualquier forma, pueden medirse con el mismo conjunto de medidas. La longitud de onda es la distancia cubierta por una oscilación completa de la onda. Lo más fácil es medirla desde una cima a la siguiente. La frecuencia de una onda es el número de longitudes de onda que ocurren cada segundo y se mide en hercios (Hz). La amplitud equivale a la altura de la onda e indica su potencia o cuánta energía se transfiere con el tiempo.

La amplitud se mide desde una línea central en torno a la cual oscila la onda

Las longitudes de onda más largas tardan más en completarse

Relación de onda

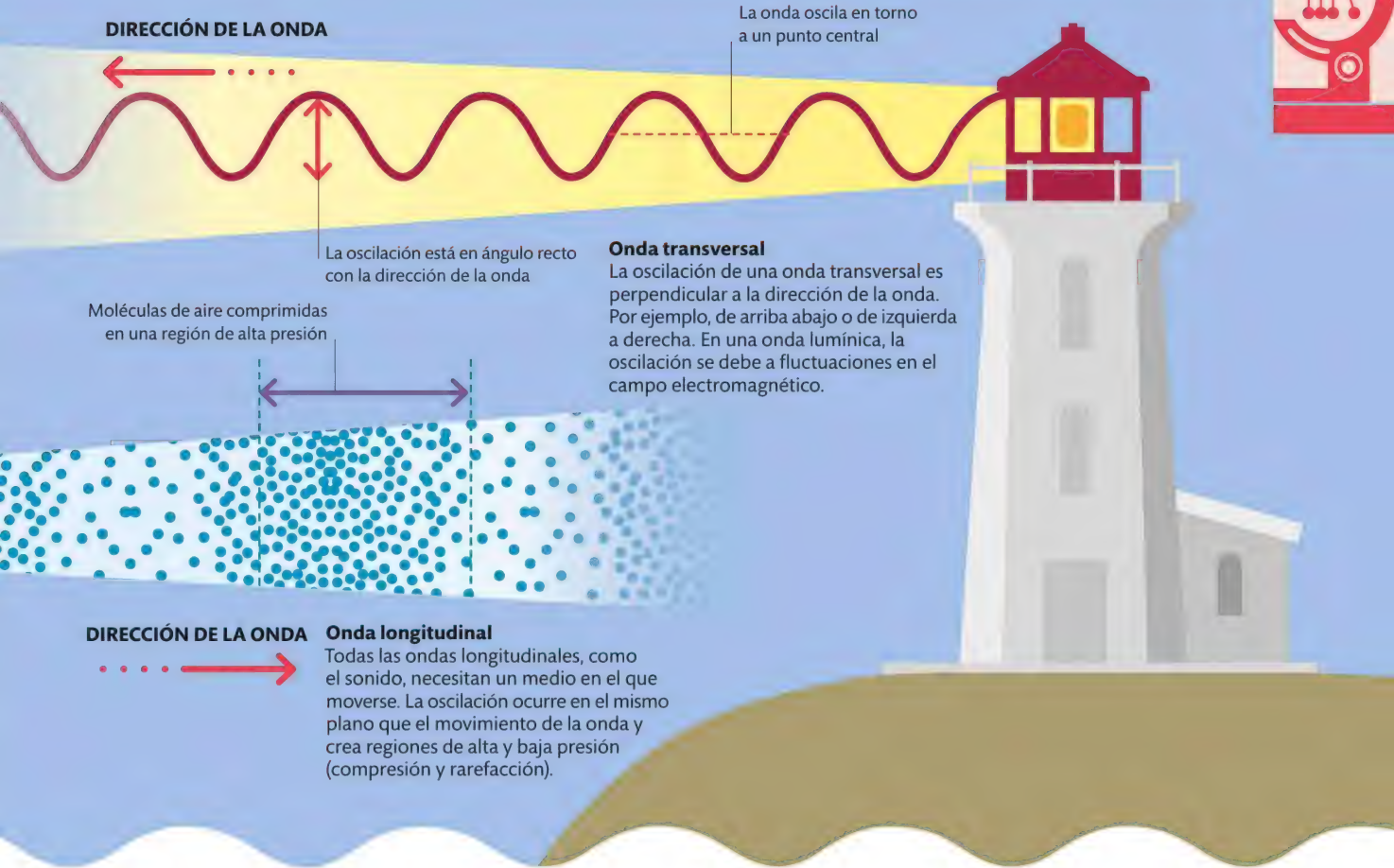
Si la velocidad de onda es constante, incrementar la longitud de onda reduce la frecuencia, y viceversa.



¿DE DÓNDE VIENEN LAS OLAS DEL OCÉANO?

El viento crea olas en el mar al soplar sobre la superficie del agua. La fricción empuja el agua en crestas, que a su vez captan mejor el viento.

Moléculas de aire rarificadas, o dispersas, en una zona de baja presión



DIRECCIÓN DE LA ONDA

La onda oscila en torno a un punto central

La oscilación está en ángulo recto con la dirección de la onda

Moléculas de aire comprimadas en una región de alta presión

Onda transversal

La oscilación de una onda transversal es perpendicular a la dirección de la onda. Por ejemplo, de arriba abajo o de izquierda a derecha. En una onda lumínica, la oscilación se debe a fluctuaciones en el campo electromagnético.

DIRECCIÓN DE LA ONDA

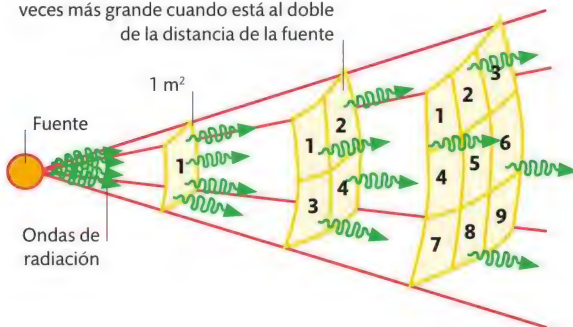
Onda longitudinal

Todas las ondas longitudinales, como el sonido, necesitan un medio en el que moverse. La oscilación ocurre en el mismo plano que el movimiento de la onda y crea regiones de alta y baja presión (compresión y rarefacción).

Propagación de las ondas

Las ondas se propagan desde una fuente en todas direcciones si nada bloquea el camino. La intensidad de una onda, o su concentración de energía, se reduce a medida que se aleja de la fuente. La reducción de la intensidad —que apaga los sonidos y atenúa la luz— sigue la ley de la inversa del cuadrado. Por ejemplo, cada vez que se dobla la distancia, la intensidad de la onda se reduce en un factor de cuatro.

La onda se propaga en un área cuatro veces más grande cuando está al doble de la distancia de la fuente



Menos efecto

La reducción de la intensidad es muy rápida. Al triple de la distancia de la fuente, la intensidad es nueve veces más baja. A cien veces la distancia, se reduce en un factor de 10000.

ROMPER LAS OLAS

Las olas del mar rompen al hacerse este demasiado poco profundo para que el agua circule en un bucle (ver p. 233). Cuando la ola entra en la parte poco profunda, el agua, que va rotando, se eleva en una cresta alargada. La ola entonces deja de estar equilibrada y rompe.

El agua en la parte de atrás de la ola viaja más deprisa



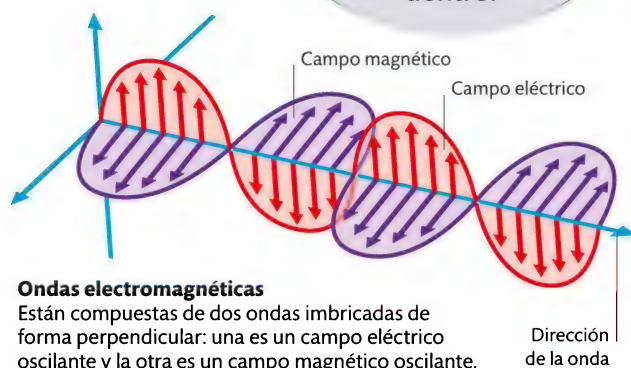
LLEGADA A LA ORILLA

De la radio a los rayos gamma

Todo lo que vemos es un patrón de luz visible que llega a nuestros ojos en forma de ondas. Pero estos rayos visibles son solo parte de un espectro más amplio de ondas electromagnéticas que llevan energía de un sitio a otro.

Radiación electromagnética

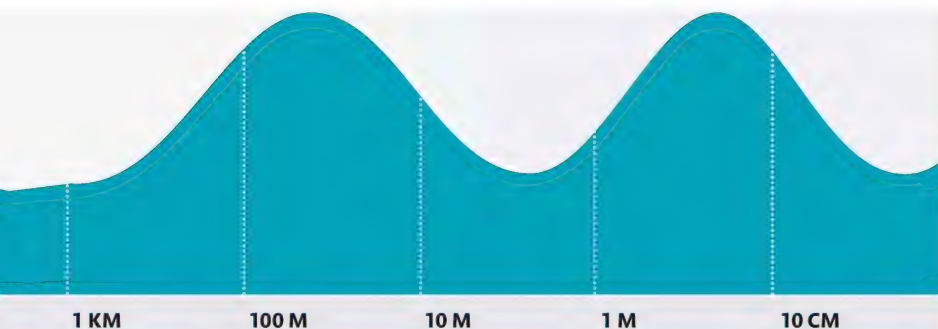
La energía puede transferirse mediante la radiación electromagnética, que adopta la forma de una onda que ondula de izquierda a derecha y de arriba abajo. Los dos componentes de la onda oscilan en fase –sus cimas y sus valles ocurren en un movimiento regular y están alineados–. La longitud de la onda puede variar, pero siempre viaja en el espacio vacío a la velocidad de la luz.



¿SON PELIGROSAS LAS MICROONDAS?

Las microondas fuertes podrían quemarnos, pero las débiles son inofensivas. Los hornos de microondas están diseñados para que estas queden siempre dentro.

ONDAS DE RADIO



MICROONDAS



INFRARROJOS



El espectro electromagnético

Percibimos algunas ondas electromagnéticas como luz visible, que consiste en un espectro de colores con su propia longitud de onda cada uno, del rojo al violeta. Pero el espectro electromagnético abarca desde los rayos infrarrojos –que llevan la energía calorífica– a las microondas y las ondas de radio. Entre las longitudes de onda más pequeñas están los rayos ultravioleta y X y los rayos gamma.



Radiotelescopio

Se emplea una antena parabólica para detectar ondas de radio emitidas por estrellas lejanas.



Horno microondas

La comida se calienta cuando las microondas excitan las moléculas de agua que contiene.



Control remoto

Un control remoto usa pulsos de radiación infrarroja para enviar códigos digitales.

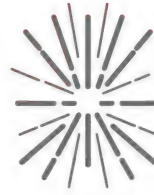


Radio digital

Los transmisores de radio analógicos emiten señales que son esencialmente ondas añadidas a las ondas de radio normales. Otras ondas de radio pueden interferir unas con otras y distorsionar la emisión analógica. La radio digital convierte el sonido en un código digital y, en tanto lleguen los dígitos que forman el código, la transmisión se convierte en una señal clara.

Sonido de alta calidad

Las ondas de sonido se convierten en un flujo de números antes de la transmisión. Un receptor digital decodifica los números y los convierte en sonido en los altavoces.

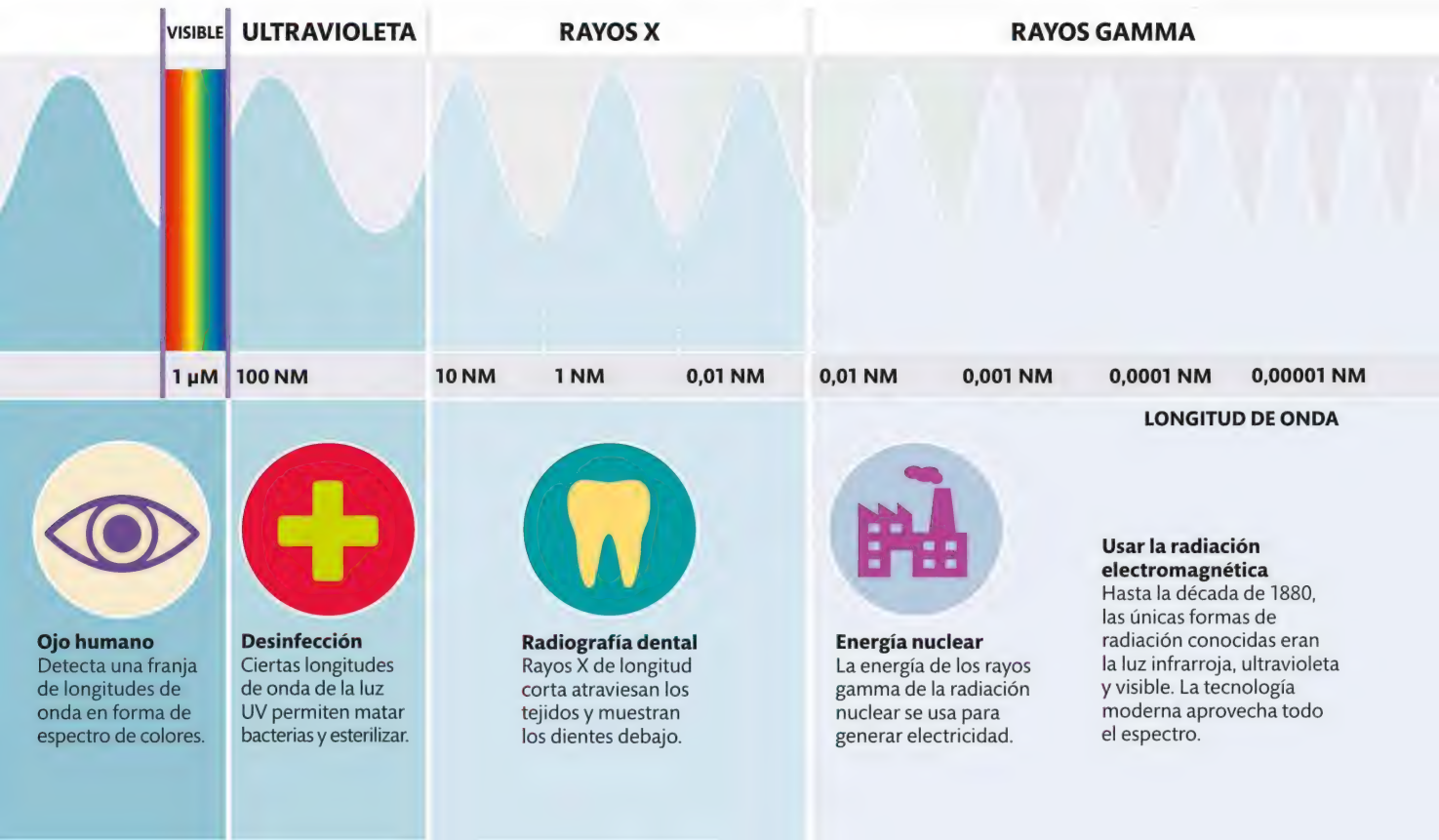


LA VELOCIDAD DE LA LUZ EN EL VACÍO ES DE 299 792 458 M/S

Las señales digitales se emiten en una amplia banda de frecuencias para evitar interferencias

El transmisor envía unos y ceros a través del aire

El receptor digital decodifica los unos y ceros y los convierte en sonido



Usar la radiación electromagnética
Hasta la década de 1880, las únicas formas de radiación conocidas eran la luz infrarroja, ultravioleta y visible. La tecnología moderna aprovecha todo el espectro.

El color

El color es un fenómeno generado por nuestros ojos y nuestro sistema de visión para permitirnos ver diferentes longitudes de onda. Los colores que percibimos dependen de las longitudes de onda que detectan nuestros ojos.

Espectro visible

El ojo puede detectar luz con longitudes de onda de entre 400 y 700 nanómetros. Una luz que contiene todas esas longitudes aparece como blanca. Cuando la luz se divide en longitudes individuales, el cerebro asigna cada una a un color específico del espectro. La luz roja tiene la longitud de onda más larga y la violeta, la más corta.



¿POR QUÉ NO VEMOS BIEN LOS COLORES DE NOCHE?

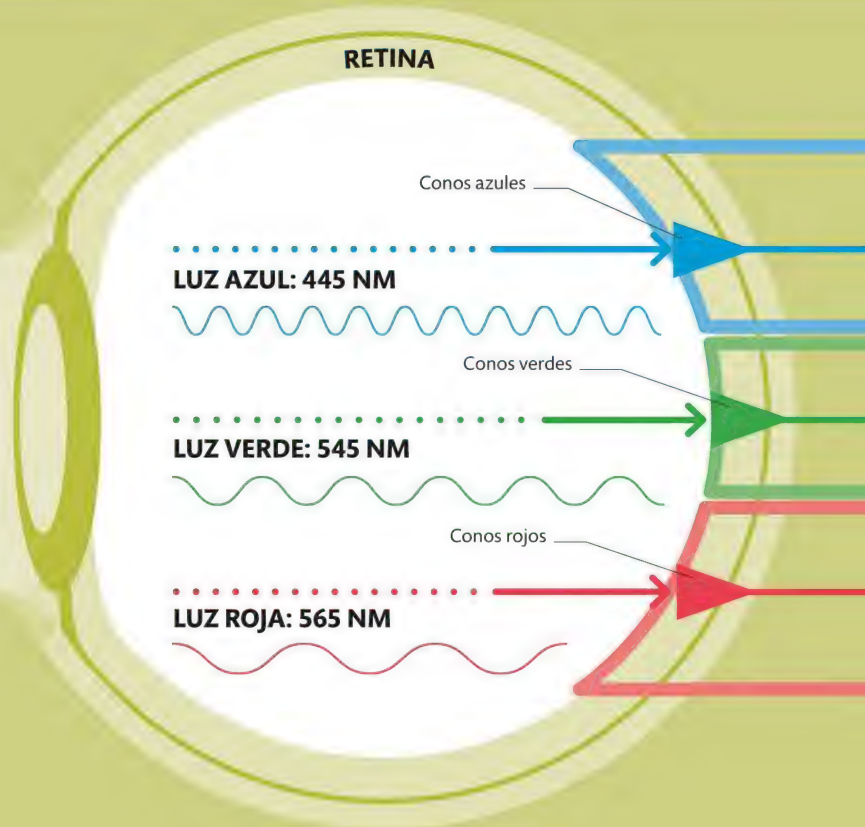
Porque es demasiado oscuro para que funcionen los conos. En su lugar, los bastoncillos, células más sensibles, crean imágenes en forma de áreas de luz y oscuridad.

Visión del color

El ojo humano crea imágenes de la luz usando tres tipos de células llamadas conos por su forma. Los conos de la retina contienen pigmentos químicos sensibles a las longitudes de onda específicas de la luz. Cuando se activan, emiten una señal nerviosa. El cerebro recibe señales de la luz roja, verde y azul que entra en el ojo y crea la percepción del color. Por ejemplo, señales de un cono verde y uno rojo crean la percepción del amarillo, las señales de todos los conos crean el blanco y la ausencia de señales de los conos crea el negro.

Sensores de luz

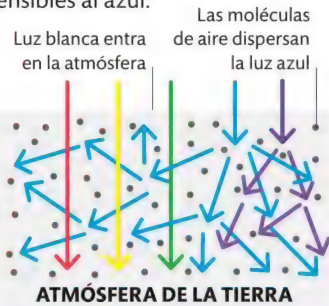
Todas las partes de la retina tienen conos de los tres tipos, aunque la mayoría están en la parte central, justo detrás de la pupila. Allí es donde se forman las imágenes más detalladas.



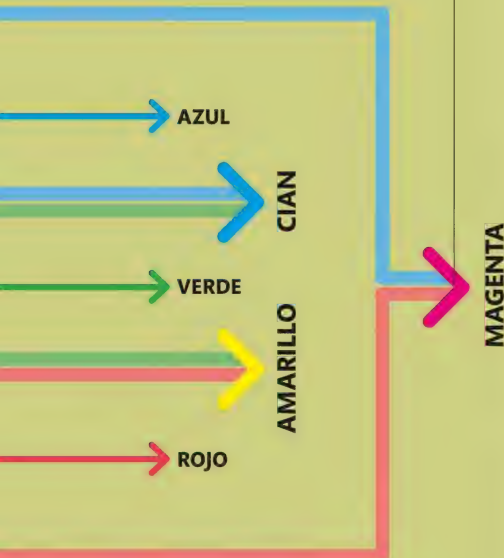


CIELO AZUL

El cielo es azul porque la luz azul tiene una longitud de onda más corta que otros colores y rebota con más fuerza en las moléculas de aire, dispersándose en todas direcciones antes de brillar en nuestros ojos. La luz violeta también se dispersa, pero es más escasa y nuestros ojos son más sensibles al azul.

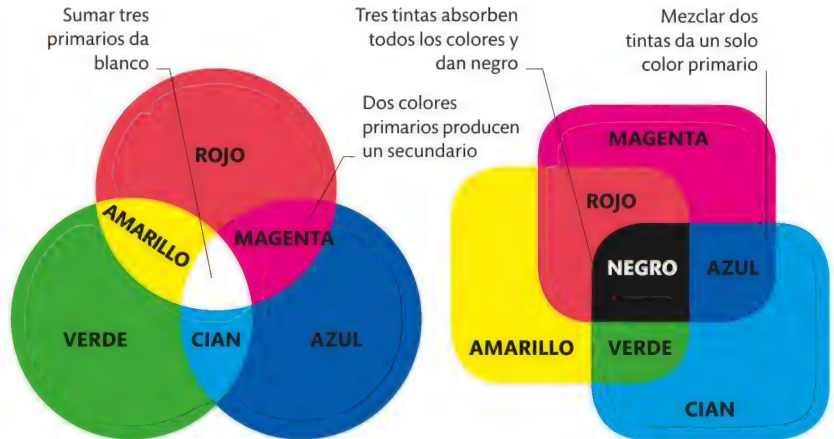


El magenta no es parte del arcoíris natural, pero se forma cuando el ojo detecta luz roja y azul pero no verde.



Mezclar los colores

Cuando la luz incide en un objeto, se absorbe o se refleja. El cerebro adjudica un color a un objeto dependiendo de la luz que refleja. Por ejemplo, un plátano refleja la luz amarilla y absorbe todos los demás colores. A esto se lo llama síntesis sustractiva y se usa para manufacturar tintas de color y tintes. Mezclar los colores directamente en una fuente de luz, como en un foco escénico, requiere el método inverso, llamado síntesis aditiva.



Síntesis aditiva

La luz transmitida se altera usando el sistema aditivo. Rojo, verde y azul son los tres colores primarios. Los colores secundarios se forman combinando dos primarios. Sumar todos los primarios da luz blanca.

Síntesis sustractiva

Los pigmentos cian, magenta y amarillo se usan para formar color reflejado. Cada uno absorbe un color primario y refleja dos. Añadir otro pigmento reduce la luz reflejada a un solo color primario.



Luz reflejada

Cuando miramos un objeto, lo vemos de cierto color. Esto depende de la naturaleza del material y de las longitudes de luz que absorbe o refleja en nuestros ojos.



LA GAMBA MANTIS POSEE

12 TIPOS DE RECEPTORES DE COLOR Y PUEDE VER LA LUZ UV E INFRARROJA

Espejos y lentes

Los haces de luz siempre viajan en línea recta, pero pueden cambiar de dirección debido a fenómenos como la reflexión y la refracción. Estos dos procesos se usan para controlar la luz mediante espejos y lentes.

ESPEJISMOS

Los espejismos son ilusiones ópticas que aparecen en los días calurosos. En los desiertos, los espejismos parecen agua que brilla a lo lejos. El «agua» es en realidad luz del cielo refractada hacia el ojo por una capa de aire caliente.



Reflejar la luz

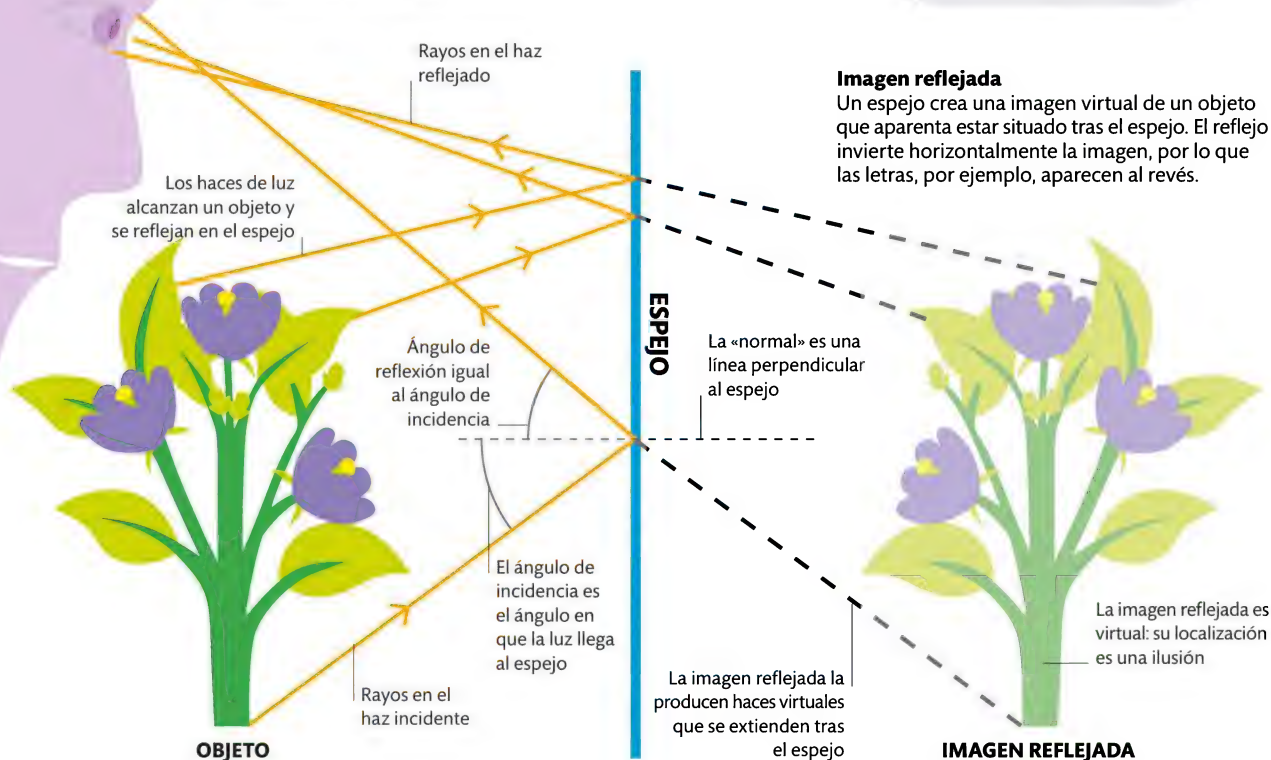
El ángulo de un haz de luz reflejado es siempre igual al ángulo del haz incidente. Los ángulos se miden desde la normal, una línea imaginaria perpendicular a la superficie. La luz reflejada en la mayoría de los objetos se dispersa en todas direcciones porque los haces inciden en sus superficies desiguales en diferentes ángulos. Un espejo es muy liso, por lo que los haces reflejados mantienen sus alineaciones originales y crean una imagen.

¿POR QUÉ BRILLAN LOS DIAMANTES?

Los diamantes tallados brillan porque los ángulos de sus superficies garantizan que la luz se refleje en el interior y salga solo por la parte de arriba.

Imagen reflejada

Un espejo crea una imagen virtual de un objeto que aparenta estar situado tras el espejo. El reflejo invierte horizontalmente la imagen, por lo que las letras, por ejemplo, aparecen al revés.





Refractar la luz

Las ondas luminicas viajan a distinta velocidad a través de medios diferentes. Si la luz entra en un nuevo medio transparente en ángulo, el cambio de velocidad provoca un pequeño cambio de dirección. Esto se conoce como refracción. Diferentes partes del haz de luz se ralentizan en momentos distintos, lo que desvía el camino de la luz.

EL ARCOÍRIS SE FORMA CUANDO LAS GOTAS DE LLUVIA REFLEJAN, REFRACTAN Y DISPERSAN LA LUZ



Real y aparente

La refracción puede engañar al ojo. La luz de un pez se refracta cuando sale del agua al aire. El cerebro, que asume que la luz viaja en línea recta, ve el pez alineado con la luz que llega a su ojo.

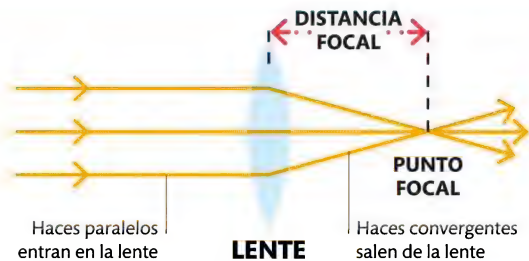


Enfocar la luz

Una lente es una pieza de vidrio transparente que se vale de la refracción para cambiar la dirección de la luz. Tiene una superficie curva, lo que significa que los haces de luz inciden en la lente en una serie de ángulos diferentes y, como resultado, se refractan en proporciones diferentes. Hay dos tipos de lentes. Una lente convergente (convexa) cierra hacia dentro los haces de luz y una lente divergente (cóncava) los abre.

Lente convergente

Los haces de luz que inciden en una lente convexa convergen en un punto focal al otro lado. La distancia entre la lente y el punto focal es la distancia focal. Una lente convergente puede usarse para magnificar objetos pequeños (ver p. 113).



Lente divergente

Una lente cóncava hace que los haces de luz se abran y parezcan provenir de un punto focal detrás de la lente. Estas lentes se usan en las gafas para la miopía.



Cómo funciona un láser

Un láser es un dispositivo que produce un intenso haz de luz paralelo y coherente, en el que las ondas de luz están alineadas y acompañadas unas con otras. Esto dota al haz de precisión y potencia.

Energizar la luz

En un láser de cristal, se dirige la luz a un tubo hecho de un cristal artificial, por ejemplo rubí. Los átomos de dentro se empapan de energía y emiten de nuevo la luz, haciendo que los átomos cercanos emitan también fotones de luz, todos en una longitud de onda específica. Los fotones van y vienen entre los espejos del tubo hasta que la luz es lo bastante intensa como para escapar del tubo en forma de fino haz, que puede ser lo bastante potente como para tallar un diamante.

El cristal de rubí contiene átomos y fotones

El espejo impide que los fotones escapen del cristal

Un estroboscopio bombea luz (fotones) en el cristal

ESPEJO

FOTÓN

ESTROBOSCOPIO

ÁTOMO

Electrón

Capa electrónica de alta energía

Capa electrónica de baja energía

NÚCLEO

ÁTOMO

El electrón regresa a la capa electrónica de baja energía

Un fotón choca con un electrón excitado de otro átomo

ALTA ENERGÍA

Fotón absorbido

El electrón pasa de un nivel bajo de energía a uno alto

BAJA ENERGÍA

Un fotón emitido

Dos fotones emitidos

1 Excitándose

Cuando un átomo absorbe un fotón, uno de sus electrones salta de un nivel de energía bajo a uno mayor. En este estado excitado, un átomo es inestable.

2 Exceso de energía

El electrón permanece excitado solo unos milisegundos y libera el fotón que ha absorbido. El fotón liberado posee una longitud de onda particular.

3 Darlo todo

Los electrones excitados son alcanzados por más fotones, que les hacen liberar dos fotones en lugar de uno. Esto recibe el nombre de emisión estimulada.



Usar una luz láser

Los láseres han demostrado ser una de las invenciones más versátiles de los tiempos modernos. Hoy en día tienen una gran variedad de usos cotidianos y especiales, desde la comunicación por satélite hasta leer códigos de barras en el supermercado.



La cantidad de fotones en el cristal aumenta a medida que más electrones excitados los emiten

¿CUÁN POTENTE PUEDE SER UN LÁSER?

El láser más potente emite un haz de 2 petavatios durante una billonésima de segundo, casi tanta potencia como el consumo de electricidad medio de todo el planeta.

Un haz de láser se compone de fotones de una longitud de onda específica, alineados y acompasados

Los fotones se reflejan una y otra vez a lo largo del tubo

Espejo parcialmente reflectante

4 Luz amplificada

Cada vez que un fotón estimula la emisión de dos fotones, la luz se amplifica. *Láser* significa «amplificación de luz por emisión estimulada de radiación». La luz rebota arriba y abajo a lo largo del tubo.

5 Un haz de láser escapa

Un espejo parcialmente reflectante deja que escapen algunos fotones del cristal en forma de haz de luz potente y coherente.

Usar la óptica

La óptica estudia la luz. El comportamiento óptico de los haces de luz, como la reflexión y la refracción, tiene algunas poderosas aplicaciones que nos permiten ir más allá de los límites del ojo humano.

La óptica en acción

El ojo humano solo puede ver objetos de más de 0,1 mm de grosor. Los instrumentos ópticos se usan para ver objetos más pequeños que eso y para ver detalles de objetos muy lejanos. Lo consiguen captando los haces de luz que llegan del objeto. Esa luz forma una imagen tenue y demasiado pequeña para la vista. El instrumento capta más luz del objeto para hacer la imagen más brillante y la magnifica con una lente.

Fibras ópticas

Estos cables superrápidos envían señales en forma de resplandores codificados de luz láser dentro de las fibras flexibles de vidrio. La luz viaja reflejándose en la superficie interior de la fibra. El ángulo en el que el láser incide en el vidrio es crucial: si es demasiado cerrado, no se reflejará sino que se refractará.

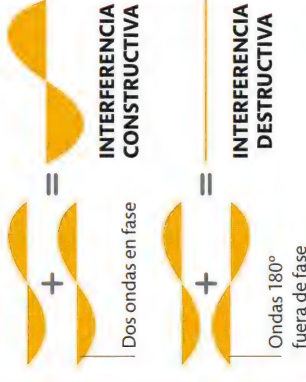


Multiplexación

Una fibra puede enviar varias señales usando láseres de distintos colores.

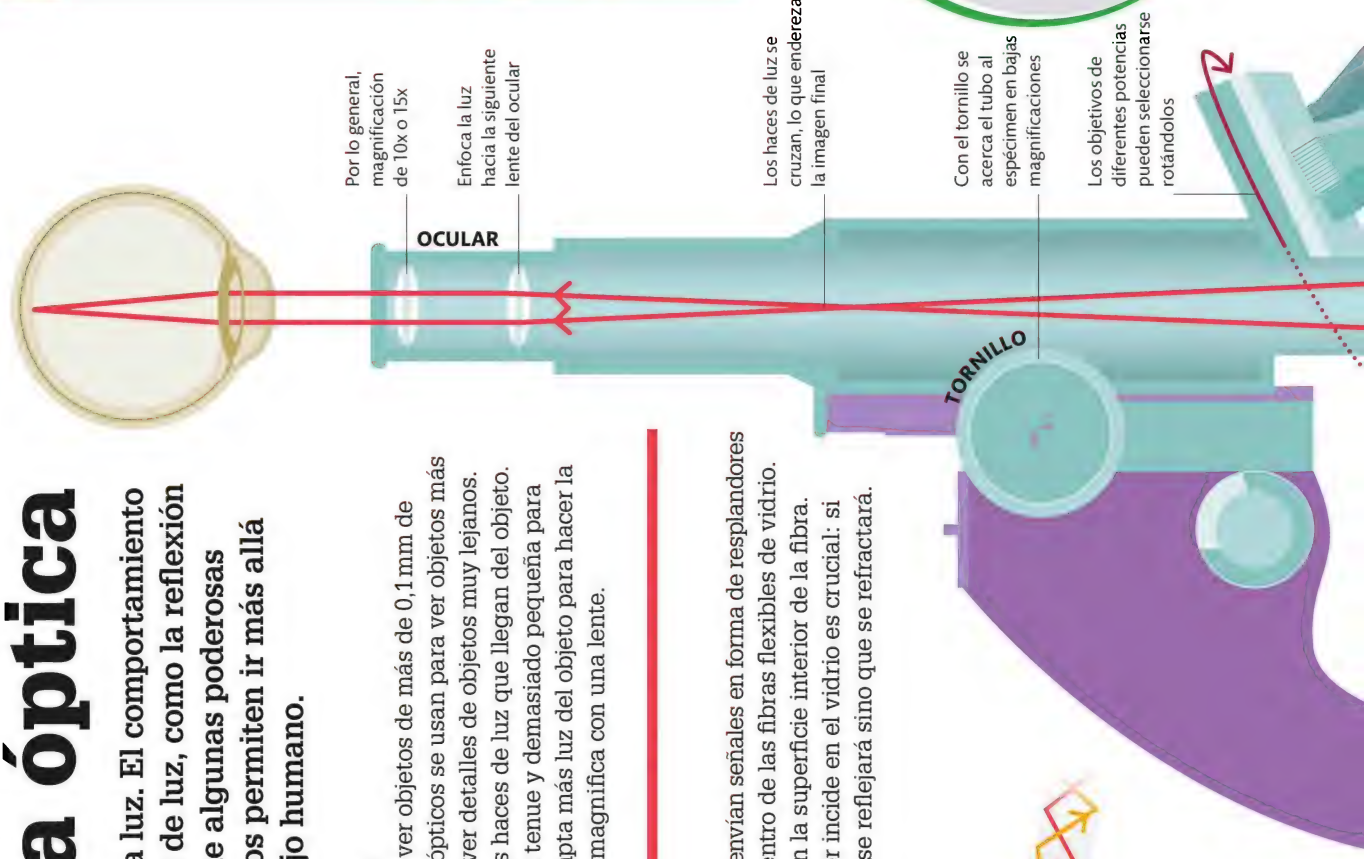
INTERFERENCIA

Como todos los tipos de onda, las ondas de luz interfieren entre sí. Cuando dos ondas se encuentran, se combinan en una. Si las longitudes de onda están en fase (si son de la misma longitud y sus cimas y valles se mueven al unísono), forman una sola onda más potente. Las ondas exactamente fuera de fase se cancelan entre sí. Las interferencias crean formas, como los remolinos irisados que se ven en el aceite.



¿ME EMPEORARÁN LA VISTA LAS GAFAS?

La mala visión se deriva de la forma del ojo y la flexibilidad del cristalino. Llevar gafas no tiene ningún efecto sobre esto y nos permite ver mejor.

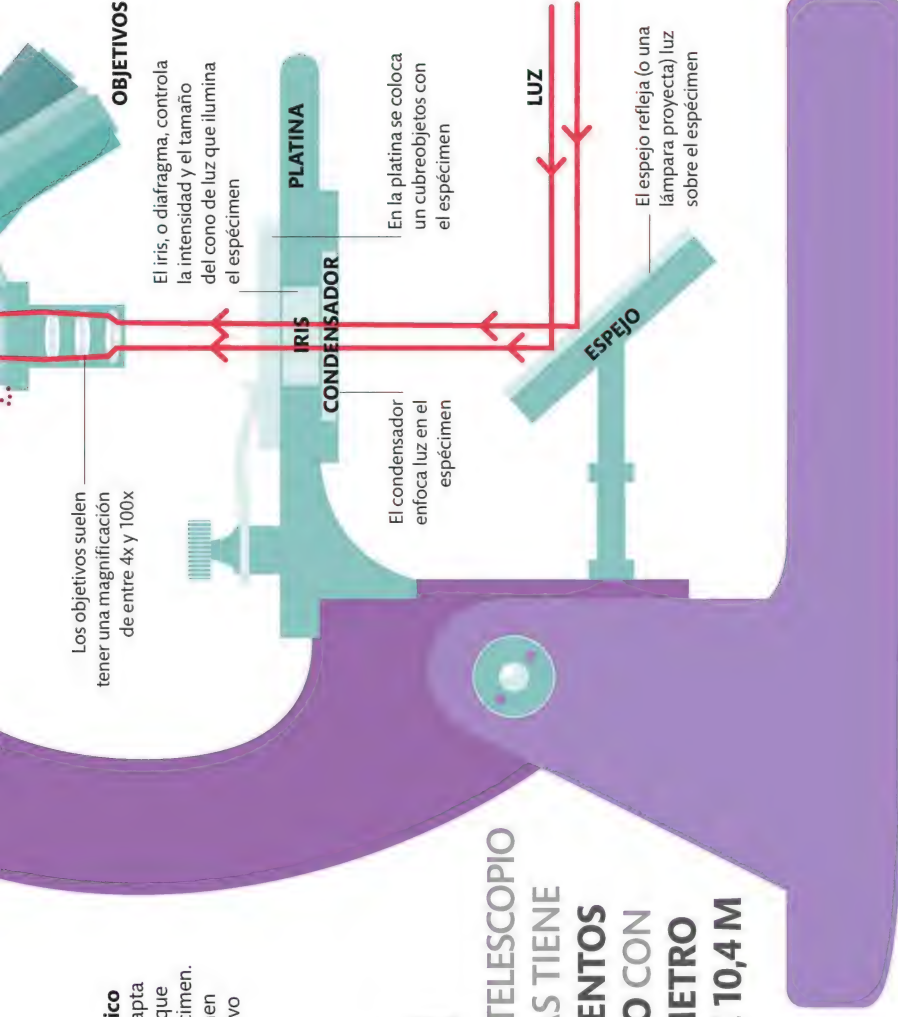


Microscopio óptico

Un microscopio capta y magnifica la luz que atraviesa un espécimen. La luz del espécimen entra por el objetivo seleccionado.



EL GRAN TELESCOPIO CANARIAS TIENE 36 SEGMENTOS DE ESPEJO CON UN DIÁMETRO TOTAL DE 10,4 M



Los objetivos suelen tener una magnificación de entre 4x y 100x

OBJETIVOS

El iris, o diafragma, controla la intensidad y el tamaño del cono de luz que ilumina el espécimen

PLATINA

El condensador enfoca luz en el espécimen

CONDENSADOR

En la platina se coloca un cubreobjetos con el espécimen

LUZ

ESPEJO

El espejo refleja (o una lámpara proyecta) luz sobre el espécimen



Telescopio

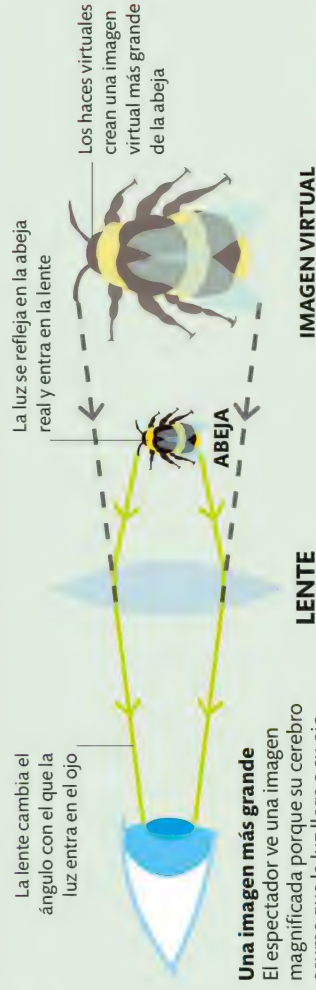
Los telescopios astronómicos usan lentes y espejos para captar luz de objetos lejanos. Los telescopios para uso en la Tierra tienen lentes que enderezan la imagen.

Prismáticos

La luz entra por las lentes principales y se refleja hacia dentro en espejos para redirigirse hacia unas lentes magnificadoras más pequeñas y hacia el ojo.

Cómo funciona la magnificación

La mayoría de las lentes de un microscopio son convexas (ver p. 109) y sirven para generar una imagen agrandada de un espécimen. Si se coloca un objeto entre la lente y su punto focal, los haces de luz del objeto convergen al otro lado de la lente. Al incrementarse la curvatura de la lente, aumenta la distancia focal y, como resultado, aumenta también la fuerza de magnificación de la lente.



La lente cambia el ángulo con el que la luz entra en el ojo

Una imagen más grande

El espectador ve una imagen magnificada porque su cerebro asume que la luz llega a su ojo en línea recta.

LENTE

IMAGEN VIRTUAL

Los haces virtuales crean una imagen virtual más grande de la abeja

ABEJA

La luz se refleja en la abeja real y entra en la lente



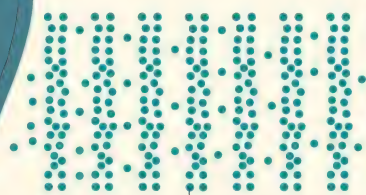
El sonido

Todos los sonidos que llegan a nuestros oídos viajan a través de un medio –como el aire– en forma de ondas (ver pp. 102-103). Pero las ondas de sonido no son como las de luz o radio. Son fluctuaciones de compresión que se alejan longitudinalmente de la fuente.

Ondas de presión

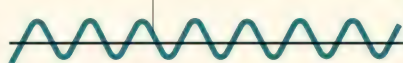
Una onda de sonido se crea por un mecanismo de tira y afloja, por ejemplo en el cono de un altavoz. Una señal eléctrica hace que el cono se mueva adelante y atrás a gran velocidad, lo cual empuja el aire. Cada empujón crea una fluctuación de compresión que se aleja por el aire. Cuanto más se aleja del cono durante cada ciclo, más presión ejerce, y cuanto más presión, más comprimidas están las moléculas de aire y más fuerte es el sonido.

VOLUMEN ALTO



Moléculas de aire más comprimidas

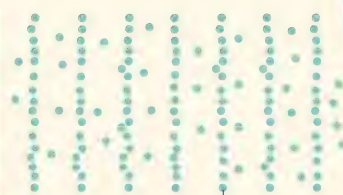
Una mayor diferencia de presión produce un sonido fuerte



ALTA AMPLITUD

¿Fuerte o suave?

Los sonidos fuertes comprimen más las moléculas de aire, por lo que se separan entre las fluctuaciones. La densidad cambiante de las moléculas de aire en cada fluctuación es la amplitud: la distancia entre cima y valle en un diagrama de onda.



Moléculas de aire menos comprimidas

Una menor diferencia de presión produce un sonido más suave



BAJA AMPLITUD

VOLUMEN BAJO

¿A qué volumen?

El volumen del sonido se mide en decibelios (dB), que aumentan en potencia de forma exponencial. Un sonido 10 dB más fuerte es realmente 10 veces más potente.

VOZ HUMANA



COCHE EN MARCHA



MOTOCICLETA



MÚSICA EN UN CONCIERTO



DISPARO



EXPLOSIÓN



DECIBELIOS



TICTAC DE UN RELOJ



SUSURRO



TIMBRE DEL TELÉFONO



GUITARRA ACÚSTICA

85 dB es el límite de seguridad

15 minutos de exposición a 100 dB pueden dañar el oído

130 dB es el umbral de dolor

Un ruido sostenido a 140 dB causa daños de inmediato



Efecto Doppler

Las ondas de sonido viajan a unos 1238 km/h. Eso es muy rápido, pero incluso las ondas muy rápidas se ven afectadas por la velocidad de su fuente. Si un vehículo se mueve hacia un oyente, las fluctuaciones de presión de las ondas de sonido se van juntando más, aumentando la frecuencia y el tono. Cuando el vehículo pasa, las ondas se abren, bajando el tono.

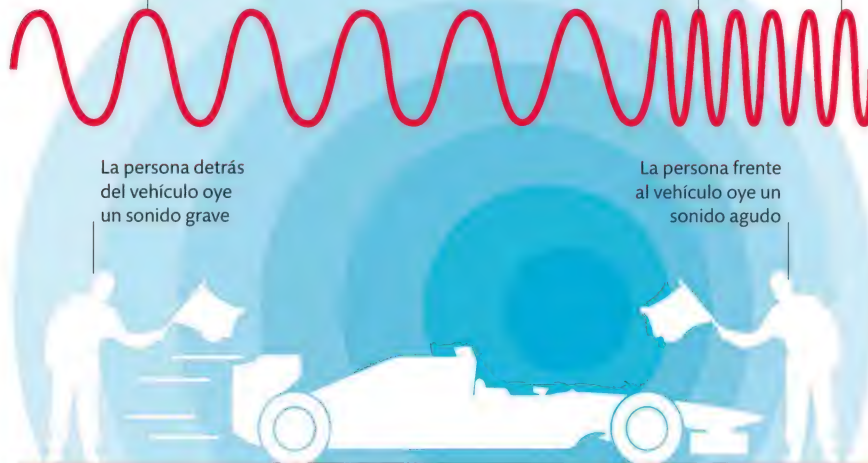
Una carrera con las ondas

Las ondas de sonido que se dispersan por delante de este coche de carreras se van juntando más porque su ruidoso motor está cada vez un poco más cerca de cada onda antes de enviar la siguiente.

Las ondas de sonido detrás de un vehículo están espaciadas de forma regular

Las nuevas ondas de sonido se apilonton detrás de las más viejas que aún están dispersándose

Más ondas por segundo producen un sonido más agudo



La persona detrás del vehículo oye un sonido grave

La persona frente al vehículo oye un sonido agudo

TONO

El tono de un sonido depende de la frecuencia de su onda: una frecuencia más alta dará un tono más agudo. La frecuencia se mide en hercios (Hz) y es el número de cimas y valles (o ciclos) que pasan por un punto cada segundo.



¿POR QUÉ EN EL ESPACIO NADIE TE PUEDE OÍR GRITAR?

El sonido se transmite por ondas de presión que atraviesan un medio, como moléculas de aire. En el vacío del espacio no hay aire.

Supersónico

Muchos aviones a reacción viajan más deprisa que el sonido, por lo que pasan sobre nosotros antes de que los oigamos venir. Las ondas de sonido están tan comprimidas que crean una fuerte explosión sónica.

EL CANTO DE UNA BALLENA AZUL TIENE UN VOLUMEN SUPERIOR A 180 dB



1 Acelerar

Cuando el avión acelera, las ondas de sonido pueden dispersarse por delante, pero se juntan cada vez más a consecuencia del efecto Doppler.

2 Romper la barrera del sonido

A 1238 km por hora, el avión rompe la barrera del sonido. Adelanta a las ondas de sonido comprimidas y hace que se unan en una sola onda de choque.

3 Explosión sónica

La onda de choque se expande detrás del avión como un cono que se abre. Donde toca el suelo, se percibe como una fuerte explosión que sigue el camino del avión.

El calor

Los objetos calientes tienen energía interna, lo que hace que sus átomos y moléculas se muevan. Esto se llama energía térmica. El calor de un objeto con energía térmica alta pasa a zonas frías con menos energía térmica.

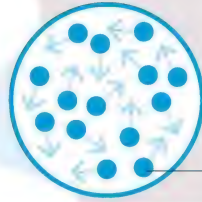
Más deprisa

Cuando un material obtiene energía térmica, sus átomos se mueven más deprisa y se nota caliente porque su energía térmica escapa al entorno más frío.



Los átomos del café se mueven más deprisa al calentarse y expandirse

LECHE FRÍA



En un material más frío, como la leche fría, los átomos no se mueven deprisa.

Transferencia de energía

Al añadir leche fría al café caliente, parte del calor del café se transfiere a la leche, calentando la leche y enfriando el café.



Cosas calientes

Al calentarse, los átomos de los sólidos y los líquidos empiezan a oscilar hacia delante y hacia atrás. En un gas, empiezan a revolotear y a chocar unos con otros.

La masa no cambia, permanece igual, pero el espacio entre los átomos aumenta y la materia se expande.

Temperatura

La temperatura indica la cantidad de energía térmica en una sustancia. La temperatura de esta se relaciona con la cantidad media de energía de sus partículas. Ciertos fenómenos naturales ocurren a temperaturas fijas. Por ejemplo, el agua hierve a 100 °C (212 °F). Estas temperaturas se usan como puntos fijos para crear una escala y comparar otras temperaturas.

Fuego de madera

Un fuego de madera puede ser bastante caliente como para fundir mena y obtener metal puro.



Gas de escape de un avión

El empuje de un avión a reacción proviene del movimiento rápido de moléculas de gas energizadas.



Punto de fusión del plomo

El plomo fue el primer metal en refinarse debido a su punto de fusión, que es relativamente bajo.



Máxima temperatura de un horno doméstico

Cocinar mucho tiempo a esta temperatura acaba por dañar las bandejas de metal.



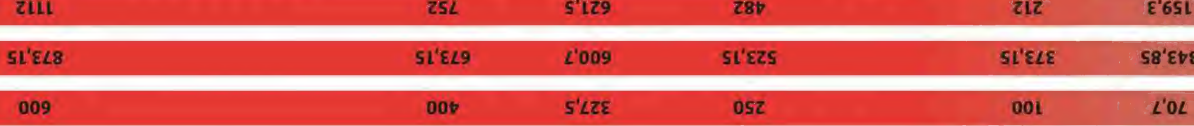
El agua hierve

El segundo punto fijo de la escala Celsius, elegido porque es fácil de reproducir.



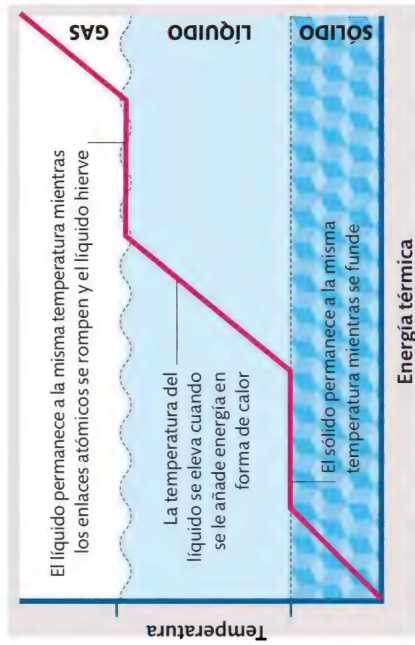
La temperatura más alta sobre la Tierra

Se registró en 2005 durante un estudio por satélite de temperaturas de superficie en el desierto iraní de Lut.



Calor latente

Cuando se añade energía térmica a una sustancia, el mayor movimiento de los átomos y las moléculas termina por romper los enlaces que los unen. La sustancia cambia de estado (ver pp. 22-23), por ejemplo hirviendo. Durante este cambio, el calor ya no hace que la sustancia se caliente más, sino que la energía trabaja como calor oculto o latente.



Efecto oculto

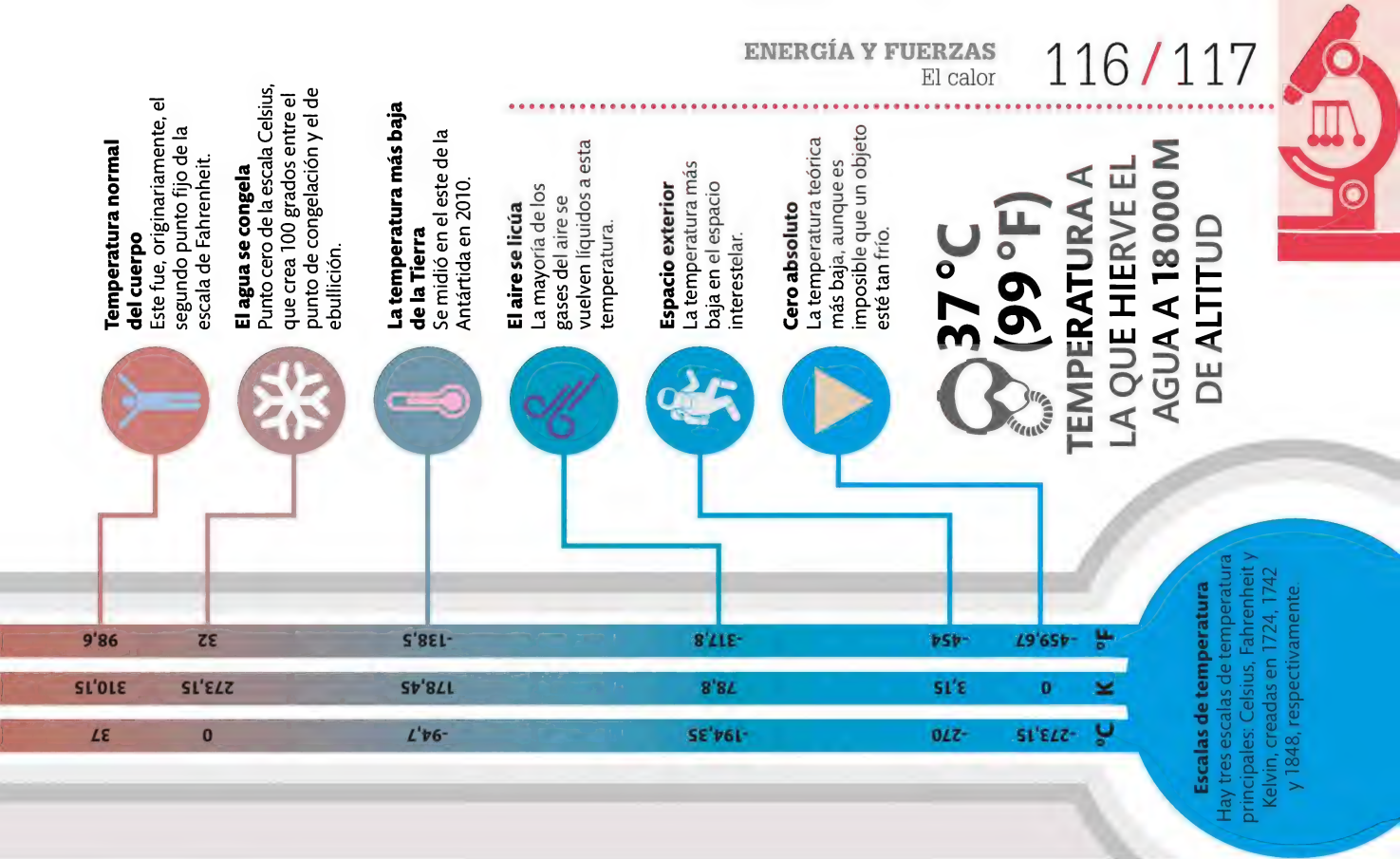
En lugar de incrementar el movimiento de los átomos y las moléculas, el calor latente rompe los enlaces entre ellos, por lo que la temperatura permanece constante brevemente durante el cambio de estado, aunque se añade energía. Una vez se han roto los enlaces, la temperatura asciende de nuevo.

ENERGÍA FRENTE A TEMPERATURA

Una bengala arde a unos 1000 °C y aunque sus chispas no queman la piel de una persona, la propia bengala sí quema. Aunque la pequeña chispa está a alta temperatura, su baja masa hace que su energía total sea muy pequeña, y por eso es inofensiva.



Las chispas son granos ardientes de hierro, magnesio, aluminio u otros metales



Transferir calor

El calor puede transmitirse de un objeto a otro mediante tres procesos: **conducción, convección y radiación**. La forma en que lo haga depende de la estructura atómica del objeto.

Convección

El calor se mueve por los fluidos (líquidos y gases) mediante convección. Este proceso funciona según el principio de que los fluidos calientes suben y los fríos bajan. El calor expande los átomos y las moléculas de fluido, por lo que su volumen crece y su densidad decrece. Esto hace que el fluido caliente ascienda y el frío descienda y cree una corriente de convección que transfiere energía.

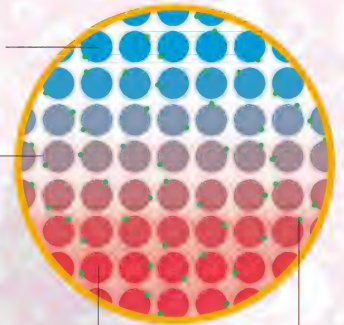


¿QUÉ MATERIAL CONDUCE MEJOR EL CALOR?

El diamante está considerado el mejor conductor de calor: es más del doble de efectivo que el cobre y cuatro veces más que el aluminio.

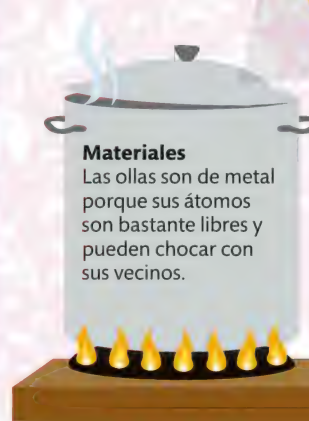
Cuando la energía de movimiento se propaga por el metal, su temperatura aumenta

La energía de movimiento (cinética) se transfiere a otros átomos por medio de colisiones



Una fuente de calor hace que los átomos se muevan más

Los electrones libres fluyen entre los átomos, transfiriendo energía calórica por el metal



Materiales

Las ollas son de metal porque sus átomos son bastante libres y pueden chocar con sus vecinos.

Conducción

Los sólidos transmiten calor por conducción. Los átomos en una parte caliente del sólido vibran y chocan con los átomos colindantes regularmente. Estas colisiones transfieren energía de movimiento a los átomos cercanos, calentándolos. El proceso continúa hasta que el calor se ha expandido por todo el material.



LA RADIACIÓN INFRARROJA VIAJA A LA VELOCIDAD DE LA LUZ Y PUEDE ATRAVESAR EL VACÍO DEL ESPACIO

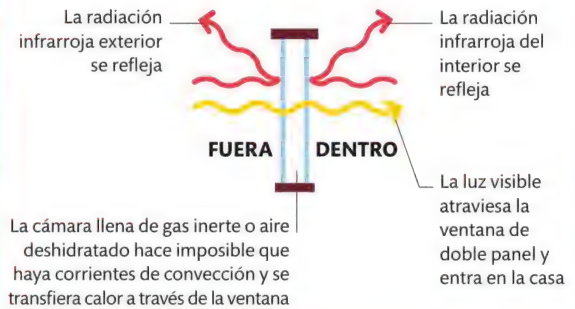


Radiación

El tercer proceso de transferencia de calor es la radiación. La energía calórica se transmite mediante una radiación invisible llamada infrarroja porque su frecuencia está por debajo de la luz visible roja (pero por encima de las ondas de radio). Todos los objetos calientes emiten infrarrojos, sobre todo el Sol. Un objeto con una gran superficie en relación con su volumen irradia calor –y se enfría– más rápidamente que un objeto que tenga una superficie que sea relativamente pequeña.

AISLAMIENTO

Los aislantes térmicos evitan la transferencia de calor. El aire es un mal conductor, por lo que algunos aislantes están llenos de aire. La ropa nos mantiene calientes atrapando aire cerca de nuestros cuerpos. El calor corporal no se transmite por el aire y se queda dentro. Las ventanas de vidrio doble con cámara constan de dos paneles de vidrio separados por una cavidad que se llena con un gas inerte o deshidratado. Estas ventanas, además, bloquean la radiación y la convección.



EQUILIBRIO TÉRMICO

Cuando dos objetos están en contacto físico, el calor se mueve del objeto más caliente al más frío, nunca al revés. El calor seguirá transfiriéndose hasta que los dos objetos tengan la misma temperatura. El estado en que ya no se transfiere más calor, se conoce como equilibrio térmico.

La energía calórica se propaga hasta distribuirse de manera uniforme

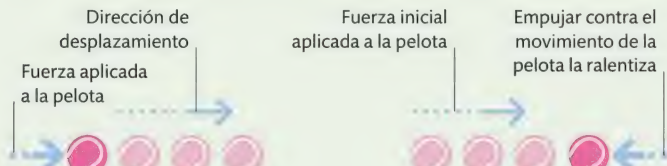


Fuerzas

El movimiento lo crea una fuerza actuando sobre una masa. Las fuerzas afectan a los objetos de forma distinta según su masa. La fuerza se mide en newtons (N). Un newton de fuerza (1 N) acelera en un segundo un objeto con masa de 1 kg a 1 m por segundo.

Transferencia de energía

Cuando dos objetos chocan, sus átomos se acercan. Los electrones –de carga negativa– en torno a los átomos se repelen unos a otros, por lo que los objetos no se fusionan en uno, sino que quedan separados a la fuerza. Esa fuerza transfiere energía de un objeto al otro, pero la cantidad total de energía permanece igual. Al mover energía de un objeto a otro, la fuerza crea un cambio en el equilibrio. Por ejemplo, altera el movimiento o cambia la forma de los objetos.

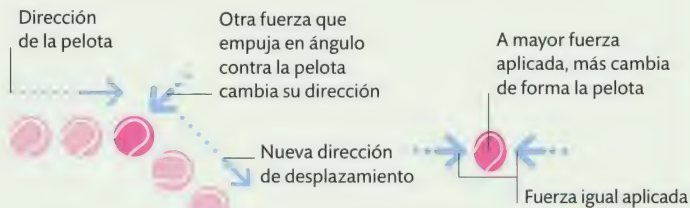


Acelerar

Una fuerza que actúa sobre una pelota de tenis hace que acelere, por lo que empieza a moverse y a aumentar de velocidad.

Desacelerar

Una fuerza que empuja contra el movimiento de la pelota la hace ir más despacio.



Cambiar de dirección

Se necesita otra fuerza que actúe en un ángulo diferente a la original para que la pelota de tenis cambie de dirección.

Cambiar de forma

La pelota cambia de forma porque la comprimen dos fuerzas opuestas e iguales.



EL SERVICIO DE TENIS MÁS
RÁPIDO DE LA HISTORIA
FUE DE 263,4 KM/H

¿POR QUÉ UNOS OBJETOS REBOTAN Y OTROS SE ROMPEN?

Un objeto flexible se deforma al golpear una superficie, pero los frágiles apenas cambian de forma si se les aplica fuerza, y se rompen más fácilmente.

Movimiento parabólico

Una pelota de tenis, o cualquier otro proyectil, sigue una trayectoria curva por la combinación de fuerzas que actúan sobre ella. La energía cinética se transforma en energía potencial gravitacional (energía almacenada como resultado de su altura) y después vuelve a convertirse en energía cinética al descender.

LEYENDA

- Fuerza vertical
- Fuerza horizontal
- Fuerza resultante
- Trayectoria de la pelota





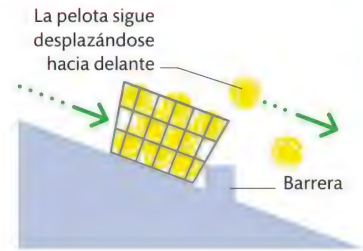
Inercia

La inercia es la resistencia de la materia a un cambio en su estado de movimiento, tanto en reposo como desplazándose. Hace falta una fuerza externa para vencerla. Una masa mayor tiene más inercia que una menor, por lo que la masa mayor requiere una fuerza mayor para alterar su estado de movimiento.



Movimiento igual

Cesta y pelotas se mueven a igual velocidad y en la misma dirección. Solo una fuerza puede cambiar su movimiento.



Cambio de inercia

Una fuerza (barrera) impide que la cesta siga moviéndose, pero la fuerza apenas afecta a las pelotas, que siguen moviéndose por la inercia.

Fuerzas resultantes

Casi siempre hay más de una fuerza que actúa sobre un objeto y lo empuja en diferentes direcciones en distinta medida. Esas fuerzas individuales se combinan en una sola fuerza resultante. La fuerza resultante se calcula usando el teorema de Pitágoras, representando dos fuerzas con los lados más cortos de un triángulo rectángulo y el tamaño y la dirección de la fuerza resultante con el lado más largo o hipotenusa.



CÓMO ES UN AIRBAG

La inercia es uno de los peligros de un accidente automovilístico, pues los cuerpos siguen moviéndose al detenerse el coche bruscamente. Los airbags detectan un choque y se inflan, desacelerando a los pasajeros a una velocidad segura.



AIRBAG ANTES DEL IMPACTO



AIRBAG TRAS EL IMPACTO

Velocidad y aceleración

La velocidad es la rapidez a la que un objeto viaja en una determinada dirección. Un cambio en la velocidad de un objeto requiere que se aplique una fuerza y el índice de ese cambio se mide como una aceleración.

La velocidad

La velocidad mide la distancia recorrida en un lapso de tiempo (distancia que recorre un coche en una hora). Mide la rapidez, pero también incluye la dirección del movimiento. Dos coches en direcciones opuestas pueden moverse con la misma rapidez y tener diferentes velocidades. Un móvil tiene una velocidad relativa comparada con otros móviles diferente de su rapidez real.

Diferencia cero

Estos dos coches tienen la misma velocidad en cuanto a rapidez y dirección. Por tanto, su velocidad relativa es cero y se mantendrán a una distancia fija el uno del otro.



AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 30 KM/H



AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 30 KM/H

Adelantar

El coche amarillo se mueve 30 km/h más deprisa que el verde, por lo que tiene una velocidad relativa de 30 km/h con respecto a este.



AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 60 KM/H



AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 30 KM/H

Enfrentados

Los vehículos se desplazan con la misma rapidez pero en direcciones opuestas. Sus velocidades relativas son ambas de 60 km/h.



AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 30 KM/H



AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 30 KM/H

Las tres leyes en acción
Un cohete al despegar muestra las leyes de Newton en acción. Se necesita una fuerza para

cambiar el estado de movimiento estacionario del cohete (primera ley); la aceleración del cohete depende de su masa y de la fuerza producida por el combustible en ignición (segunda ley); y el empuje proporcionado por los motores es contrarrestado por una fuerza equivalente y opuesta: la gravedad (tercera ley).



**LANZADERA
ESPACIAL**

**8,5 MINUTOS
ACELERAR**

**VELOCIDAD DE
28 000 KM/H**

MOVIMIENTO ASCENDENTE
PRIMERA LEY DE NEWTON



Todo objeto permanece en reposo o movimiento rectilíneo uniforme salvo que una fuerza externa actúe sobre él

La primera ley del movimiento describe la propiedad de la inercia de los objetos, que es la resistencia a cambiar su estado de movimiento salvo que lo obligue una fuerza externa (ver pp. 120-121).

La aceleración

La aceleración es un cambio de velocidad y se mide en metros por segundo por segundo (m/s^2). Desacelerar es también una aceleración en la que la velocidad disminuye. La aceleración se calcula restando la velocidad inicial de la velocidad final y dividiendo esta cifra por el tiempo transcurrido.

Aceleración

Si el coche dobla su velocidad en 1 minuto, su aceleración se calcula hallando el cambio de velocidad (6 m/s) y dividiéndolo por el tiempo transcurrido en segundos (60). Esto da $0,1 \text{ m/s}^2$ por segundo, o $0,1 \text{ m/s}^2$.



AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 6 M/S

AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 12 M/S

Cambiar de dirección

Un cambio de dirección, como un giro, es un cambio de velocidad. Como se necesita una fuerza, el giro es una aceleración aunque no varíe la rapidez.



AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 12 M/S

AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 12 M/S

Desaceleración

Si este coche reduce su rapidez a la mitad en 1 minuto, su aceleración sería de $-0,1 \text{ m/s}^2$. Es un valor negativo porque la velocidad final (6 m/s) es menor que la velocidad inicial (12 m/s).



AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 12 M/S

AUTOMÓVIL QUE SE DESPLAZA A 6 M/S

ESTELAS

Un objeto, al moverse por el aire, va apartándolo a su paso. El aire regresa a su lugar creando arrastre. El arrastre puede reducirse moviéndose dentro de otra estela –un área con arrastre reducido–. Esto permite que un coche viaje detrás de otro a la misma velocidad pero gastando menos combustible.

Un automóvil que sigue a otro no tiene tanto arrastre



El automóvil tiene un gran arrastre, por lo que necesita más fuerza para acelerar

Arrastre (resistencia del aire)

ESTELA

la luz (ver pp. 140-141).

SEGUNDA LEY DE NEWTON

TERCERA LEY DE NEWTON

FUERZA DESCENDENTE

La aceleración de un objeto depende de la masa del objeto y de la fuerza que actúa sobre él

Cuanto mayor es la fuerza que actúa sobre un objeto, mayor es su aceleración. Esto se expresa con la fórmula: fuerza = masa \times aceleración.

Por cada acción en la naturaleza hay una reacción opuesta

El término *acción* significa fuerza aplicada, y la *reacción* es una fuerza equivalente que siempre se opone en sentido contrario. Esta ley muestra que una fuerza no existe sola, sino únicamente como interacción entre dos objetos.

Las leyes del movimiento

El movimiento se rige por tres leyes que muestran las relaciones entre la masa de un objeto, las fuerzas que actúan sobre él y las aceleraciones resultantes. Las leyes del movimiento fueron publicadas por Isaac Newton en 1687. Son muy precisas en la mayoría de los casos, pero Albert Einstein teorizó en 1905 que dejan de ser válidas cuando los objetos se aproximan a la velocidad de

Máquinas

Las máquinas simples son dispositivos que convierten un tipo de fuerza en otro. Hay seis máquinas simples y algunas no parecen máquinas en absoluto.

LEONARDO DA VINCI

DENOMINÓ TORNILLO

AÉREO A UN PRIMITIVO DISEÑO
PRECURSOR DEL HELICÓPTERO



Seis máquinas simples

Como casi todos los dispositivos mecánicos, una bicicleta es una combinación de máquinas simples. Algunas, como el mecanismo de la cadena y las palancas de freno, tienen una función mecánica clara. Otras son menos obvias porque se usan para hacer ajustes y reparaciones o para poder pedalear cuesta arriba. En conjunto, una bicicleta necesita las seis máquinas simples: la palanca, la polea, el torno, el tornillo, la cuña y el plano inclinado.

CUÑA

Al meter una herramienta bajo el neumático para sacarlo de la llanta usamos el principio de la cuña. Una fuerza de empuje se transforma en una fuerza mayor de separación que actúa en una distancia más corta.



La cuña separa el neumático de la llanta

La llanta se usa como fulcro

POLEA

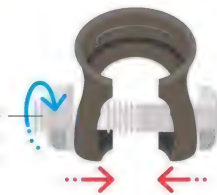
La rueda más pequeña gira más deprisa



La cadena de la bicicleta es básicamente un sistema de polea: una rueda que impulsa a otra tirando de un tipo de cable. Los tamaños relativos de las ruedas determinan su rapidez relativa y su potencia.

TORNILLO

Tuerca roscada en un tornillo



Apretar el tornillo que ajusta el sillín transforma una gran rotación en una pequeña cantidad de compresión muy potente. Esencialmente, es una palanca muy larga y en espiral.

TORNO

La llanta se mueve más rápidamente

Una rueda gira sobre un eje fijo, venciendo la fricción (ver pp. 126-127) al actuar como una palanca. Convierte el gran movimiento de la corona en un pequeño pero potente giro del eje.



El eje se mueve despacio



Relación de transmisión

Todas las máquinas aplican el principio de la relación de transmisión, que es una medida de la amplificación de la fuerza. Esto significa que nos permiten convertir un movimiento grande en un movimiento más pequeño pero de mayor potencia, como abrir con una palanca la tapa de un bote. Pero también funciona al revés, como cuando un pescador aplica fuerza al cabo de una caña de pescar para balancear la puntera en un amplio arco. Más movimiento da menos potencia, y viceversa.

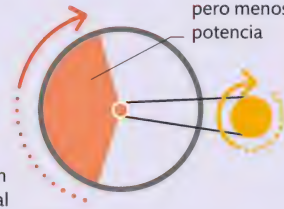
Menor distancia recorrida pero mayor potencia generada



Marcha baja

Una marcha baja convierte la rotación del pedal en mayor potencia para subir cuestas, a cambio de perder velocidad.

El doble de distancia pero menos potencia



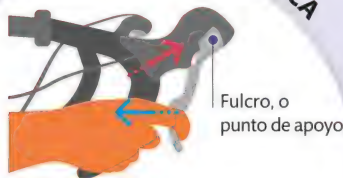
Marcha alta

Cambiar a una marcha más alta al llegar a lo alto de una cuesta incrementa la velocidad.

LEYENDA

Esfuerzo (fuerza aplicada) → Carga (fuerza obtenida) ● Fulcro

PALANCA



Los frenos funcionan con una palanca que pivota sobre un punto de apoyo. La palanca convierte una fuerza pequeña en una grande pues la primera actúa sobre una distancia mayor. Apretar la palanca tensa un cable y hace que las zapatas aprieten la llanta.

Clases de palancas

Hay tres clases de palancas, según dónde se sitúen la carga y el esfuerzo respecto al fulcro. Pueden elegirse palancas diferentes para incrementar la energía o el movimiento en distintas direcciones.



Primera clase

La carga y el esfuerzo se sitúan en lugares opuestos del fulcro. Por ejemplo, unas tijeras o unas tenazas.



Segunda clase

La carga se sitúa entre el esfuerzo y el fulcro. Un ejemplo de palanca de segunda clase es un cascanueces.



Tercera clase

El esfuerzo se aplica entre la carga y el fulcro, como en unas pinzas.

PLANO INCLINADO

Una distancia menor supone más trabajo



No se puede pedalear por una pared vertical. Un plano inclinado o rampa resuelve el problema a costa de incrementar la distancia que debe recorrerse.

Relación de engranajes

La energía en forma de fuerza giratoria, o par motor, suele transmitirse por medio de los «dientes» de los engranajes. Si la rueda más grande tiene el triple de dientes que la más pequeña, hará que esta gire tres veces más deprisa. Varios engranajes juntos reciben el nombre de tren de engranajes.

El engranaje pequeño rueda más deprisa

ENGRANAJE IMPULSOR

Relación de engranajes

Un engranaje grande impulsando uno pequeño aumenta la velocidad. Lo contrario da más potencia.

Fricción y rozamiento

La fuerza de rozamiento es una fuerza de resistencia que ocurre cuando hay fricción entre dos objetos o sustancias, y va en sentido contrario al movimiento. Cuando un objeto avanza a través de un líquido o un gas, se conoce como arrastre.

Fuerzas opuestas

La fuerza de rozamiento se genera cuando las superficies de dos materiales se tocan. A nivel microscópico, las superficies nunca son lisas y las pequeñas hendiduras se agarran unas a otras cuando las superficies se mueven en direcciones diferentes. Cada enganche aplica una fuerza minúscula, pero juntas generan una fuerza de resistencia que ralentiza o detiene el movimiento. Si las dos superficies se mueven a la vez, la fricción convierte la energía cinética en energía térmica o calor.



Frotamiento

El rozamiento se relaciona con la aspereza de las superficies. El contacto entre superficies está causado por el peso de un objeto sobre otro.

Deslizarse sin trabas

El hielo resbala porque una fina capa de agua lo separa de otras superficies, por lo que hay muy poco contacto. Por eso el rozamiento es muy pequeño.

LUBRICACIÓN

La fricción entre las partes móviles de una máquina causa desgaste cuando los componentes se frotan unos con otros. Para reducirlo, se cubren los componentes con lubricante con base de aceite. Esto aporta una barrera resbaladiza entre las superficies y es lo bastante adherente para cubrirlas por mucho tiempo.

El lubricante forma una barrera física entre los engranajes



EL TREN DE LEVITACIÓN MAGNÉTICA IMPIDE LA FRICCIÓN ENTRE EL TREN Y LA VÍA Y HACE QUE LOS VAGONES LEVITEN

Agarrarse a la carretera

La superficie de un neumático está llena de hendiduras. Esta aspereza le da más «agarre» al neumático que así conecta más con la áspera superficie de la carretera. Unos surcos en su superficie evacúan el agua. La adherencia y la deformación le ayudan a agarrarse a la carretera, pero demasiada presión deforma la goma más allá de la recuperación elástica y la superficie se rompe.



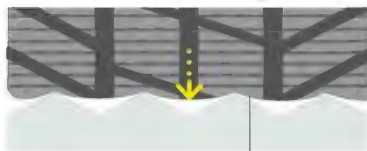
Agarre y tracción

Los neumáticos de un automóvil están diseñados para agarrarse a la carretera en los giros y propulsar el vehículo hacia delante. Sin el agarre suficiente, las ruedas derraparían.

Contacto incrementado

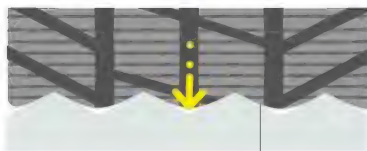
Una carga pesada empuja más los neumáticos contra el suelo, lo que aumenta el área de contacto e incrementa la fuerza de fricción.

CARGA VERTICAL PEQUEÑA



Menor contacto con la superficie de la carretera

CARGA VERTICAL GRANDE



Mayor contacto con la superficie

USAR LA FRICCIÓN PARA HACER FUEGO

Algunas formas comunes de hacer fuego se valen de la fricción, como raspar un pedernal sobre una superficie dura para crear una chispa. Un taladro de arco requiere mover un arco rápidamente de izquierda a derecha, lo cual hace que una madera dura gire en una muesca llena de serrín en una tabla. El calor de la fricción prende fuego al serrín.



Reducir el arrastre

El arrastre es la fricción de los objetos en fluidos como agua o aire. Las alas de un avión y el casco de un barco se diseñan para reducirlo. El casco de un trimarán o una hidroala limitan el área de contacto con el agua. Los extremos alares de los aviones controlan el flujo de turbulencias aéreas para reducir el arrastre.

Vórtices de extremo alar

Los extremos alares crean vórtices que aumentan el consumo de combustible. Añadir aletas reduce el tamaño del extremo y, por consiguiente, el arrastre.

El balancín proporciona estabilidad



TRIMARÁN

La hidroala eleva el casco del agua



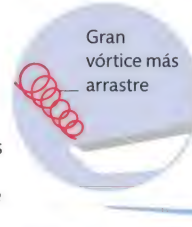
HIDROPLANO

Contacto limitado con el agua

Un trimarán tiene tres cascos con una superficie relativamente pequeña para así reducir el arrastre.

Superficies de elevación

Un hidroplano usa hidroalas para elevar el aparato por encima del agua, reduciendo en gran medida el arrastre.



Gran vórtice más arrastre

EXTREMO ALAR NORMAL



Vórtice pequeño, menor arrastre

ALETA CURVA

ADHERENCIA

DIRECCIÓN DE DESPLAZAMIENTO

NEUMÁTICO

CARRETERA

Se forma un enlace molecular

Se rompe el enlace

La superficie de goma contiene moléculas con enlaces químicos sobrantes. Cuando la goma toca la carretera, forma enlaces débiles con esta, con lo que los materiales se pegan brevemente y se separan cuando los enlaces se rompen.

DEFORMACIÓN

DIRECCIÓN DE DESPLAZAMIENTO

NEUMÁTICO

CARRETERA

Goma deformada por las protuberancias del asfalto

La goma es flexible, aunque se hace más rígida por el aire a alta presión de dentro. El neumático se deforma por el peso del vehículo en las protuberancias de la carretera. Eso hace que el peso se concentre en esos puntos, mejorando el agarre.

ROTURA

DIRECCIÓN DE DESPLAZAMIENTO

NEUMÁTICO

CARRETERA

Goma rota

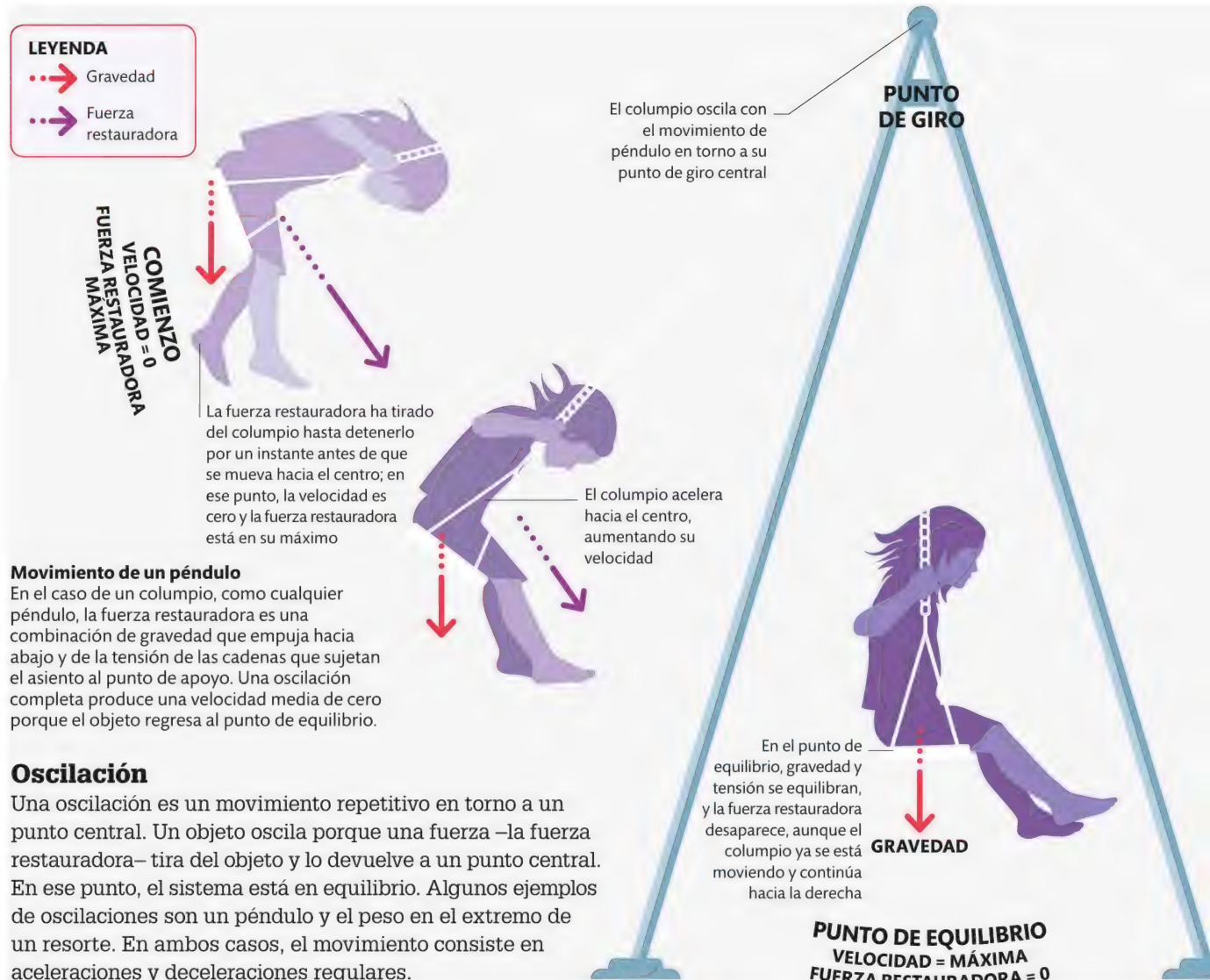
La goma se estira y comprime sin cambiar permanentemente o romperse, pero fuerzas grandes pueden estropear la superficie del neumático, reduciendo su capacidad para deformarse. Habrá que reemplazarlo o explotará.

Resortes y péndulos

Un resorte es un objeto elástico que vuelve a su forma original tras comprimirlo o estirarlo. Posee una fuerza llamada fuerza restauradora, algo clave para entender el movimiento armónico simple, en el que una masa oscila en torno a un punto central. Este rasgo lo comparte con el movimiento de un péndulo.

¿DÓNDE HAY RESORTES EN CASA?

Usamos resortes en cientos de objetos cotidianos: colchones, relojes, interruptores de la luz, tostadoras, aspiradoras, goznes de puertas...





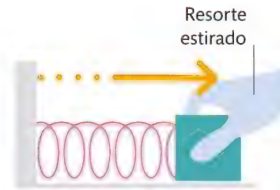
Fuerzas elásticas

Un resorte (o muelle) es un objeto especialmente elástico, es decir, que puede cambiar temporalmente de forma y recuperarla de golpe. Cuando una masa tira de él, se extiende. La extensión crea una fuerza restauradora en el resorte que lo devuelve a su forma original. Cuando la fuerza restauradora equivale a la fuerza que deforma el resorte, la extensión se detiene.



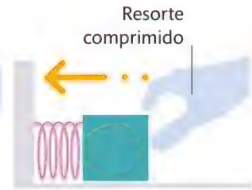
Estado de reposo

La masa en el extremo del resorte no ejerce fuerza sobre él. Esto se llama punto de equilibrio.



Fuerza de estiramiento

Mover la masa crea una fuerza restauradora en el resorte que la empuja de nuevo al punto de equilibrio.



Fuerza de compresión

Apretar el resorte y soltarlo excede el punto de equilibrio, pero la fuerza restauradora lo estira de nuevo.



Módulo de Young

Los ingenieros necesitan saber lo rígida que es una sustancia para aprender a construir con ella. La elasticidad de una sustancia se mide como su módulo de Young, que indica la fuerza necesaria para deformarlo. Se mide en pascuales, la unidad de presión. Un módulo de Young alto significa que el material es rígido y apenas cambia de forma al estirarlo. Un valor bajo significa que la sustancia puede someterse a grandes deformaciones elásticas.

Sustancia	Módulo de Young (pascuales)
Goma	0,01-0,1
Madera	11
Hormigón de alta resistencia	30
Aluminio	69
Oro	78
Vidrio	80
Esmalte dental	83
Cobre	117
Acero inoxidable	215,3
Diamante	1050-1210

Deformación

Algunas fuerzas pueden cambiar la forma de un material. Una fuerza de estiramiento causa una deformación elástica y, al desaparecer, la fuerza restauradora lo devuelve a su forma original. Si la fuerza de estiramiento aumenta, se excederá el límite elástico y el cambio será permanente.

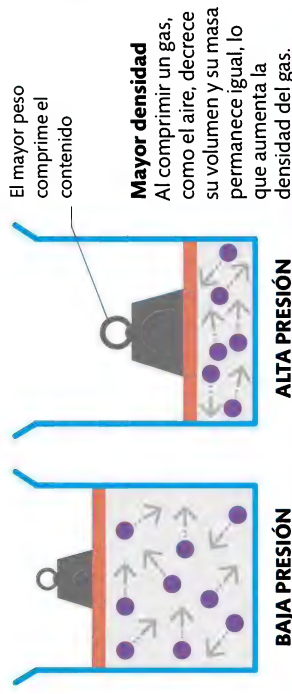


Presión

La presión es la fuerza sobre una superficie dividida por el área de la superficie. Puede aplicarse a cualquier medio y por cualquier medio, incluso el agua y el aire.

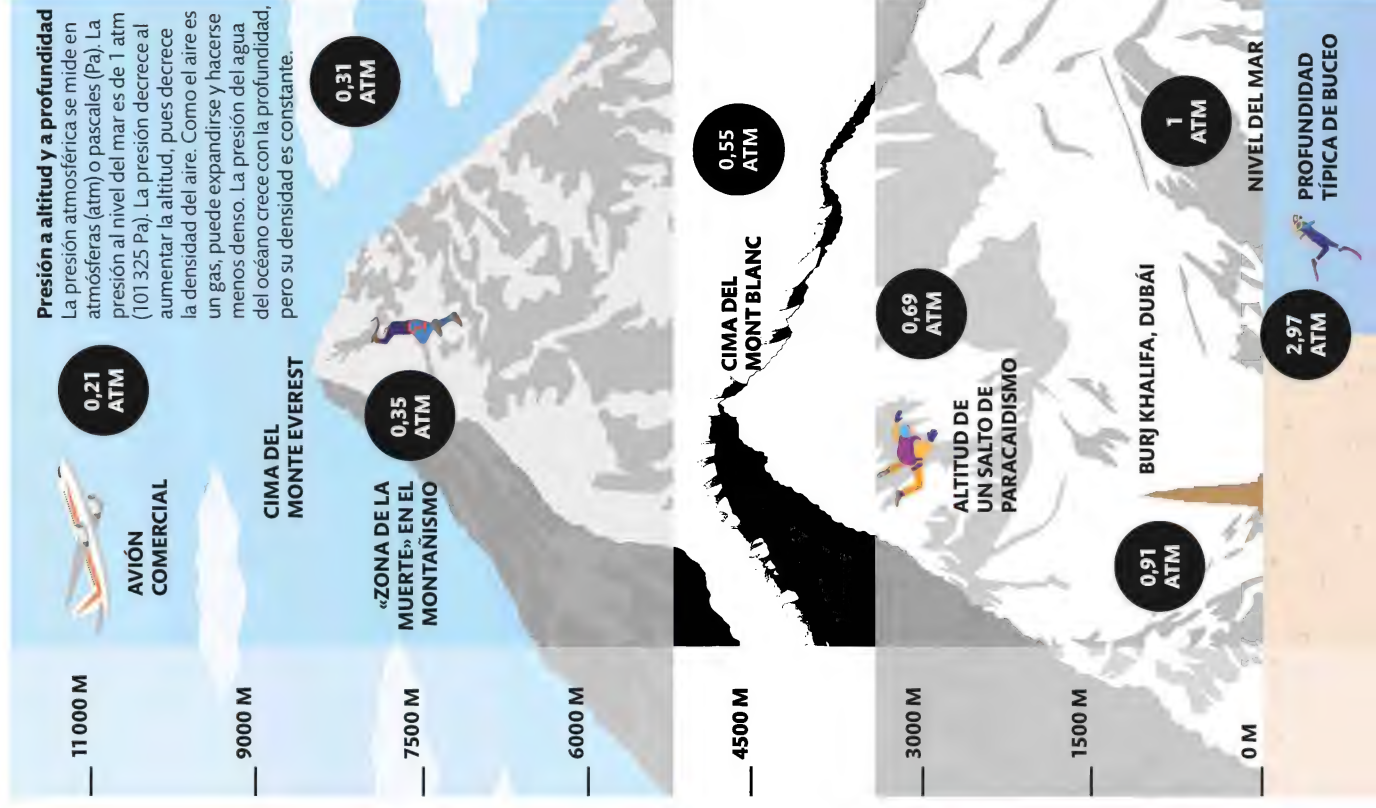
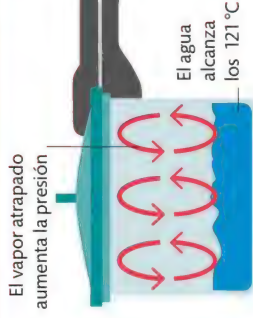
Presión en los gases

Cuando se aplica una fuerza sobre un gas, este se comprime a un volumen menor. Las moléculas se aprietan unas con otras hasta que dejan de comportarse como moléculas de gas y se convierten en líquido. Por eso una bombona de gas a presión contiene líquido. Al abrir la válvula, se relaja la presión y el líquido se convierte de nuevo en gas.



CÓMO FUNCIONA UNA OLLA A PRESIÓN

A la presión atmosférica, el agua hierve a 100 °C. Al estar cerrada, el vapor queda dentro de la olla, lo que aumenta la presión. Con ello, aumenta el punto de ebullición del agua y su temperatura y la comida se cuece más deprisa.

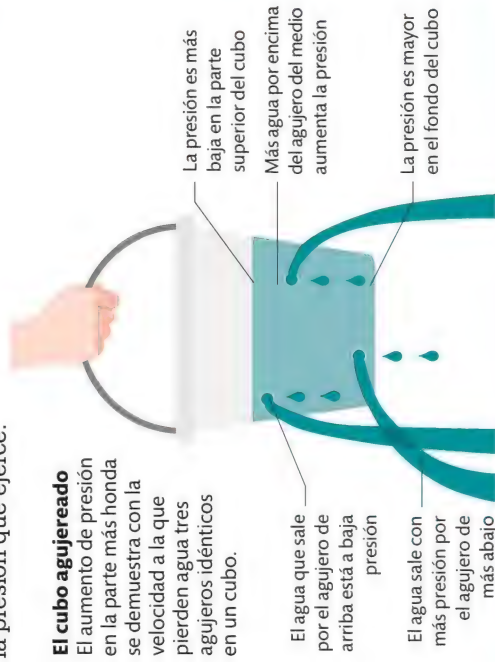


Presión en los líquidos

A diferencia de los gases, es muy difícil comprimir el volumen de los líquidos con presión. Cualquier presión aplicada a un líquido se transfiere a través de él. Así, si en un conducto hay un líquido, una presión aplicada a un extremo pasará hasta el otro extremo. La presión aumenta en la profundidad por el peso del agua de arriba, por eso las paredes de las presas son más gruesas en la base. La presión también está afectada por la densidad. Cuanto más denso es un líquido, mayor es la presión que ejerce.

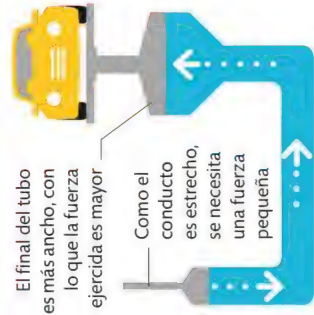
El cubo agujereado

El aumento de presión en la parte más honda se demuestra con la velocidad a la que pierden agua tres agujeros idénticos en un cubo.

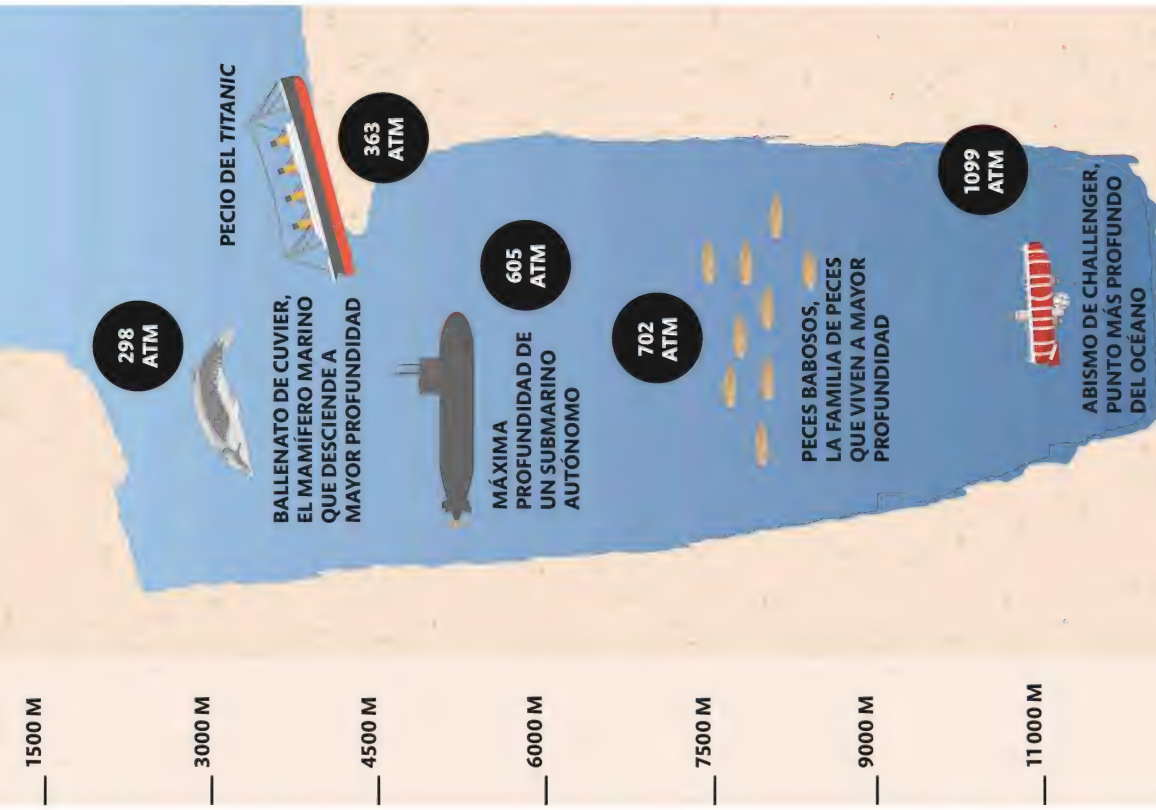


HIDRÁULICA

Un líquido es prácticamente incompresible, lo que le permite transferir presión a través de redes de conductos para operar máquinas. Al usar un conducto entre un cilindro de bombeo y un dispositivo de elevación con el doble de área, la fuerza ejercida se duplica, aunque la presión permanece igual.



LA PRESIÓN EN EL ABISMO
DE CHALLENGER ES 1099 VECES
LA DE LA SUPERFICIE DEL MAR



El vuelo

La tecnología del vuelo usa dos principios muy diferentes. Los globos y los dirigibles se basan en que el aire caliente y gases como el hidrógeno y el helio flotan hacia arriba. Todas las demás aeronaves dependen de la generación de sustentación por medio de alas y rotores.

Más ligero que el aire

Un globo normal se eleva hacia el cielo porque está lleno de un gas más ligero que el aire de fuera. La mayoría de los globos tripulados consiguen esto calentando aire para que se expanda, lo que lo hace menos denso y, por tanto, más ligero que el aire frío. Los dirigibles suelen contener hidrógeno o helio. El helio también se usa para hinchar globos en las fiestas. El hidrógeno es el doble de ligero que el helio, pero es muy inflamable, mientras que el helio no es inflamable.



La sustentación en un globo

Cuando se calienta aire, sus moléculas se separan. Al haber menos moléculas en el mismo volumen, el aire del globo es menos denso.



Vuelo propulsado

Las aeronaves de alas fijas y los helicópteros son más pesados que el aire. Vuelan usando alas o rotores especialmente diseñados para desviar el aire y reducir la presión sobre ellos. El ángulo entre las alas y el aire contrario es crucial. Para despegar, se extienden los flaps de las alas del avión para incrementar el ángulo de ataque y la curvatura del ala, creando así la máxima sustentación posible.



1

Preparándose para despegar

Una aeronave necesita moverse hacia delante para forzar aire sobre sus alas y generar sustentación para despegar. Mientras acelera, sus flaps incrementan la sustentación a baja velocidad.

2

El efecto Bernoulli

La presión varía en función del movimiento de un medio. Es el efecto Bernoulli. La superficie superior del ala tiene una curva más larga que la inferior, para que el aire fluya más rápidamente por encima. Esto reduce la presión sobre el ala y crea sustentación.





EN CUALQUIER MOMENTO HAY EN EL AIRE UNOS 9250 AVIONES DE PASAJEROS



Los flaps del borde de salida del ala aumentan la sustentación durante el despegue e incrementan el arrastre para frenar al avión durante el aterrizaje. En el vuelo a nivel, se retraen

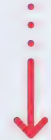
SUSTENTACIÓN



El propulsor impulsa al avión hacia delante dirigiendo una masa de aire hacia atrás

EMPUJE

GRAVEDAD



¿CUÁL ES EL AVIÓN MÁS PESADO?

El avión de carga Antonov An-225 se fabricó en 1985. Tiene un peso máximo de 640 toneladas y está impulsado por seis motores de turboventilador.

3

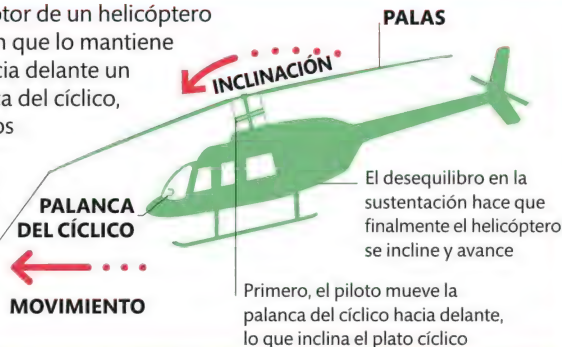
Vuelo a nivel

La sustentación generada por las alas contrarresta la fuerza de la gravedad, pero solo si el empuje del motor mantiene a la aeronave moviéndose hacia delante lo bastante rápido. Este empuje también debe vencer el arrastre de las fuerzas de sustentación.

CÓMO GENERA SUSTENTACIÓN UN HELICÓPTERO

Las rápidas palas del rotor de un helicóptero generan la sustentación que lo mantiene en el aire. Al mover hacia delante un control llamado palanca del cíclico, se altera el ángulo de los rotores, impulsando el helicóptero por el aire.

Inclinar el plato cíclico hace que las palas del rotor cabeceen, lo que aumenta el ángulo de ataque y la sustentación



Línea de Kármán

La densidad del aire decrece con la altitud. Esto reduce el arrastre y permite volar más deprisa, pero también obliga a volar a mayor velocidad para generar sustentación. No se puede volar por sustentación en el aire sobre los 100 km de altitud. Es la línea de Kármán considerada el límite entre la atmósfera terrestre y el espacio.

TERMOSFERA 80-600 KM

En órbita

Para mantenerse en vuelo por encima de la línea de Kármán, un objeto debe moverse a velocidad orbital, la velocidad a la que la fuerza centrífuga contrarresta la gravedad (ver pp. 214-215).

29 000 km/h

LÍNEA DE KÁRMÁN 100 km

Velocidad a la que debe volar una aeronave para mantenerse en el aire

MESOSFERA 50-80 km

ESTRATOSFERA 16-50 km

Velocidad a la que debe volar un avión comercial para permanecer a una altitud de 12 km

TROPOSFERA 0-16 km



900 km/h

¿POR QUÉ ARQUÍMEDES GRITÓ «EUREKA»?

Porque descubrió que todo objeto más pesado que el agua desplaza su volumen en agua, algo muy útil para medir el volumen de objetos de cualquier forma.

Hundimiento

Una pesa de acero macizo es ocho veces más densa que el agua. Al hundirse una pesa de 5000 toneladas, desplaza su volumen de agua, pero esa agua pesa solo 625 toneladas. El peso del agua ejerce una pequeña fuerza de flotamiento hacia arriba, pero no contrarresta la fuerza del peso del acero, por lo que la pesa se hunde.

La fuerza de flotabilidad es de 625 toneladas, insuficiente para evitar que la pesa se hunda

PESO



FLOTABILIDAD

La carga aumenta la densidad media del barco, pero aún hay huecos de aire, lo que lo hace menos denso que el agua

Esta pesa de acero es pequeña y densa, sin huecos de aire

La pesa se hunde

El aire dentro del barco lo hace menos denso que el agua

El agua se opone al peso del barco con una fuerza de flotabilidad equivalente de 5000 toneladas

PESO

La fuerza descendente es un peso de 5000 toneladas

5000 TONELADAS

AIRE DENTRO DEL CASCO

CASCO DE ACERO

FLOTABILIDAD

A flote

Un barco de carga de acero está lleno de aire, por lo que su densidad media es menor que la del agua. Desplaza su peso entero de 5000 toneladas y permanece a flote, sostenido por 5000 toneladas de mar.

Cómo funciona la flotabilidad

La flotabilidad es una fuerza ascendente ejercida por líquidos y gases sobre sólidos. Funciona en equilibrio con la densidad. Si un objeto es demasiado denso, la flotabilidad no basta para impedir que se hunda.

¿Qué es la flotabilidad?

Cuando se sitúa un objeto en un fluido —líquido o gas—, el objeto desplaza un volumen de fluido equivalente a su volumen. Si el objeto es más denso que el fluido, el volumen desplazado pesará menos que el objeto, por lo que este se hunde. Pero un objeto menos denso que el fluido flota porque la fuerza de flotabilidad contrarresta su peso.

VEJIGA NATATORIA

Como los submarinos, algunos peces ascienden liberando gas disuelto en su sangre a través de la vejiga natatoria. Esto incrementa el volumen de la vejiga, haciendo que el pez sea menos denso y ascienda. Para hundirse, el gas se disuelve de nuevo en la sangre, haciendo que la vejiga se encoja.



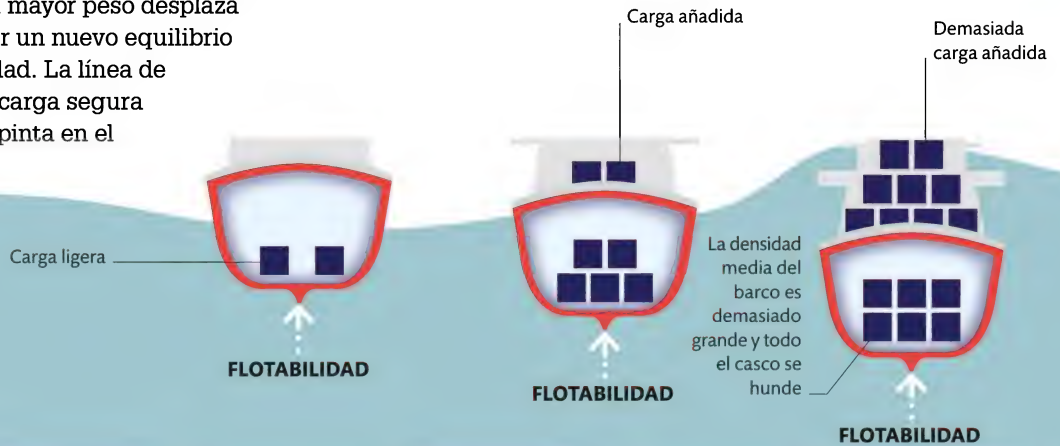
Vejiga natatoria



Peso y densidad

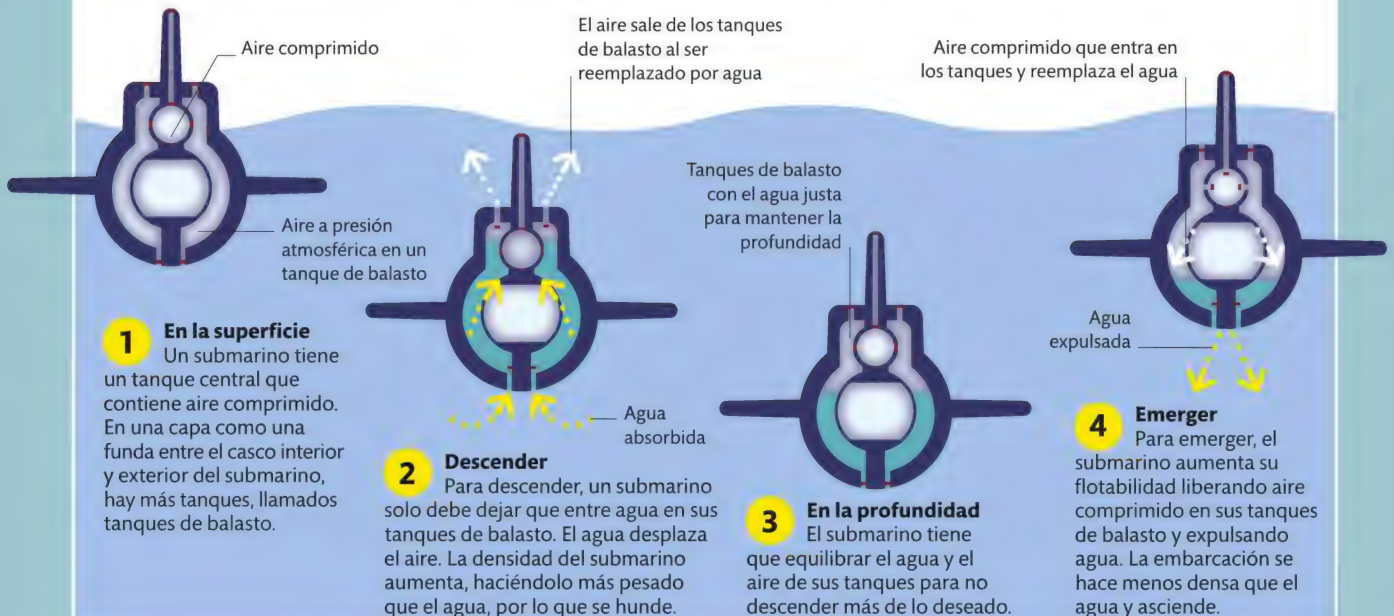
Al introducir carga en un barco, sus espacios de aire se llenan de cargamento, más pesado, y su densidad media aumenta. Cada vez que se carga un contenedor, el barco se hunde más en el agua, porque su mayor peso desplaza más agua hasta hallar un nuevo equilibrio entre peso y flotabilidad. La línea de flotación de la mayor carga segura (línea de Plimsoll) se pinta en el casco del barco.

LOS OBJETOS FLOTANTES DESPLAZAN SU MISMO VOLUMEN DE AGUA



Submarinos

Para hundirse o regresar a la superficie a voluntad, los submarinos manipulan su densidad media con tanques de aire comprimido. En tanto posean una fuente de energía, pueden hacerlo indefinidamente, pues en la superficie bombean aire fresco de la atmósfera en sus tanques para la próxima salida a superficie.

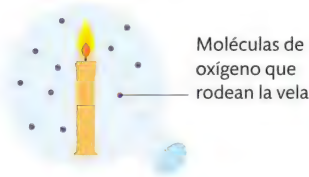


El vacío

Un vacío perfecto es una región de espacio vacío que no contiene materia. Esto nunca se ha observado en la práctica (incluso el espacio exterior contiene algo de materia, que ejerce una presión considerable), por lo que los vacíos en el mundo real se llaman vacíos parciales.

¿Qué es un vacío?

En el siglo XVIII, se consiguió crear un vacío usando una bomba para absorber el aire de un recipiente. Los experimentos mostraron que una llama se apagaba y que el sonido no podía pasar a través del vacío porque el sonido necesita un medio. La luz no necesita un medio y puede atravesar el vacío.



Llama en el aire

Una vela arde dentro de un recipiente lleno de aire. El oxígeno del aire reacciona con la cera y crea calor y luz.



Llama extinguida

Succionar el aire para crear un vacío provoca que la llama se extinga. Esto es porque la combustión necesita oxígeno.

Medio	Presión (pascales)	Moléculas por centímetro cúbico
 Atmósfera normal	101 325	$2,5 \times 10^{19}$
 Aspiradora	aprox. 80 000	1×10^{19}
 Termosfera de la Tierra	$1-0,0000007$	10^7-10^{14}
 Superficie de la Luna	$1-0,000000009$	400 000
 Espacio interplanetario		11
 Espacio intergaláctico		0,000006

CÓMO FUNCIONA UN TERMO

Un termo usa vacío para impedir que los líquidos calientes se enfríen y que los fríos se calienten. El líquido se encuentra en una cámara rodeada de vacío, que bloquea las corrientes de convección que podrían transferir calor al exterior. El recipiente está bañado en plata para reflejar el calor desde dentro y desde fuera.

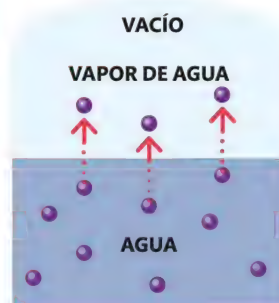
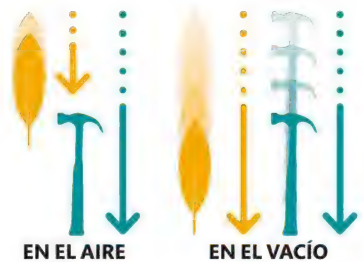


Dentro de un vacío

La materia siempre se expande para llenar espacios vacíos. Este proceso es lo que crea la succión de una aspiradora, pues el aire exterior entra de golpe en el vacío que se crea dentro. Las moléculas de la materia situada en el vacío, especialmente de los líquidos, rompen sus enlaces y forman un gas que llena el vacío.

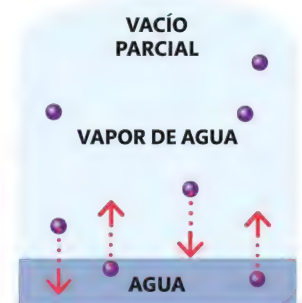
Sin resistencia

Los objetos que caen en el vacío no experimentan resistencia aérea, que frenaría su descenso. Un martillo y una pluma caen a diferente velocidad por el aire, pero en el vacío caen al mismo tiempo.



Vacío perfecto

Al vacío, las moléculas de agua se convierten en un vapor que llena el espacio. Muy pocas vuelven a unirse al líquido.



Vacío parcial

El agua se evapora, incrementando la presión. El sistema alcanza un equilibrio cuando sus moléculas se mueven en ambas direcciones.



Exposición al vacío

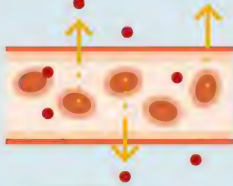
El espacio exterior es un vacío casi perfecto. Los astronautas deben llevar trajes espaciales para protegerlos de la radiación, la luz solar y el frío del espacio vacío, pero también para crear una atmósfera presurizada en torno al cuerpo. Si el traje o el casco fallan, una rápida muerte es casi segura, pero no sería tan dramática como suele aparecer en las películas.



EL TARDÍGRADO ES UN ANIMAL MICROSCÓPICO CAPAZ DE SOBREVIVIR EN EL VACÍO DEL ESPACIO

3 Falta de oxígeno

En el vacío, el oxígeno se convierte en burbujas en la sangre, volviéndolo inútil para los tejidos corporales.



2 Sequedad

El agua expuesta al vacío se evapora en segundos. Los ojos y el interior de boca y la nariz se secarían y se formaría escarcha en la piel.



1 Salida rápida

Los gases de los pulmones y del intestino saldrían bruscamente por los orificios corporales, dañando los tejidos delicados del cuerpo.



4 Muerte

Sin oxígeno en el cerebro, el astronauta perdería la conciencia en unos 15 segundos. El cerebro moriría en 90 segundos de no recibir suministro de oxígeno.



5 Expansión del cuerpo

El cuerpo empezaría a descomponerse, segregando líquido y gases que lo hincharían hasta el doble de su tamaño.



6 Congelación total

Tras unas horas de exposición al vacío, el cuerpo se enfriaría muy por debajo del punto de congelación del agua y se volvería totalmente sólido.

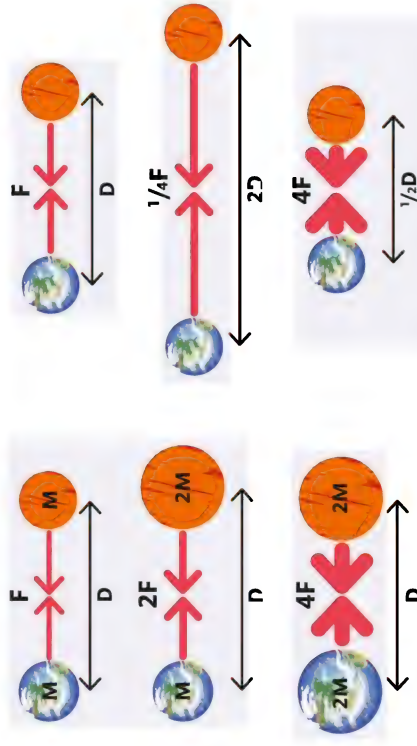


La gravedad

Podemos concebir la fuerza gravitacional como una fuerza de atracción. Atrae al suelo los objetos que caen y mantiene la Tierra en órbita en torno al Sol. Isaac Newton describió la fuerza gravitacional de forma matemática por primera vez en el siglo xvi.

Características de la gravedad

La fuerza gravitacional es una fuerza de atracción que tiende a unir la materia. Como consta en la ley de gravitación universal de Newton, la atracción depende de dos factores: el tamaño de las masas y la distancia entre ellas. La gravedad es la más débil de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza (ver p. 27). Aun así, las enormes masas de las estrellas y las galaxias producen grandes fuerzas gravitacionales que actúan a grandes distancias.



Gravedad y masa

Si asumimos que la distancia (D) entre dos objetos no cambia, la atracción de la gravedad (F) es directamente proporcional a sus masas (M). Duplicar la masa de un objeto ($2M$) duplica la atracción ($2F$) entre los objetos. Duplicar ambas masas aumenta la atracción en un factor de cuatro ($4F$).

Gravedad y distancia

La fuerza de la gravedad es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia (D) entre dos masas, asumiendo que la masa de esos objetos permanece igual. Duplicar la distancia ($2D$) disminuye la atracción en un factor de cuatro ($1/4F$). Dividir por dos la distancia ($1/2D$) multiplica la gravedad por cuatro ($4F$).

Velocidad terminal

La gravedad hace que los objetos que caen aceleren y alcancen velocidades cada vez mayores al acercarse a la Tierra. Sin embargo, los objetos que caen durante mucho tiempo alcanzan una velocidad máxima, o terminal. Esto ocurre cuando la fuerza de la gravedad se iguala con la resistencia del aire.

¿QUÉ ES LA FUERZA G?

La fuerza g es un cambio en el movimiento que puede hacer que una persona se sienta más pesada al acelerar. La atracción de la gravedad cuando estamos en el suelo es de 1 g .



LA VELOCIDAD AUMENTA

0 1 2 3 4 5 6 7 8

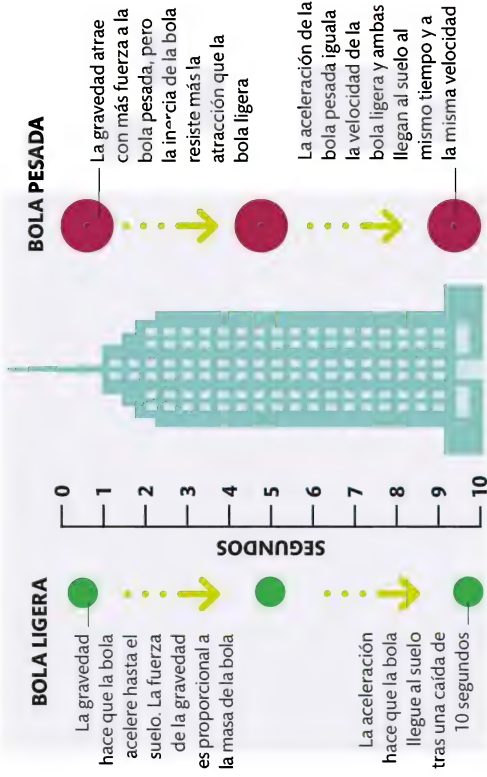
El paracaidista acelera porque la resistencia del aire es baja

LEYENDA

- Movimiento descendente
- Gravedad
- Resistencia del aire

Gravedad y resistencia del aire

Un paracaidista acelera a 9.8 m/s^2 –la aceleración de todos los objetos que caen-. Al acelerar, la resistencia del aire que empuja contra su cuerpo también aumenta.



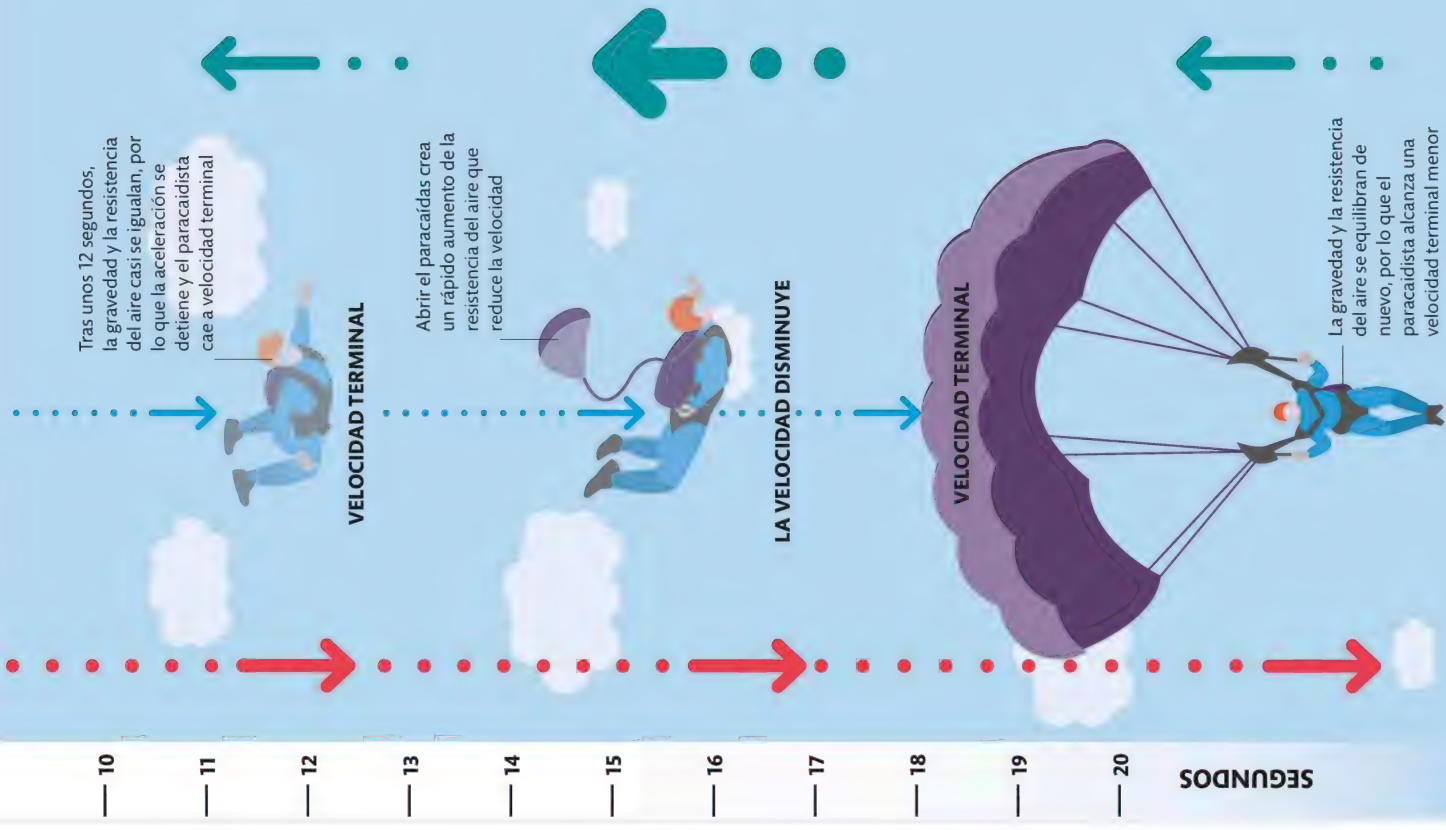
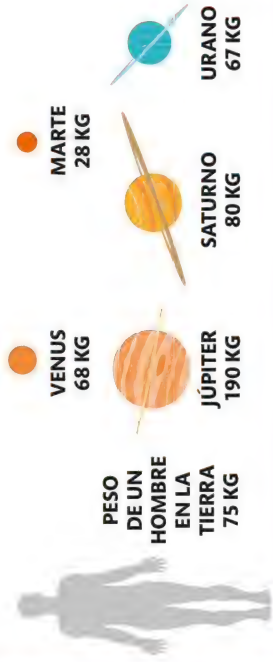
Masa y peso

En la Tierra, masa y peso son equivalentes. Sin embargo, la masa es una medida independiente de la materia y la energía de un objeto, mientras que el peso es la fuerza que el campo gravitacional de la Tierra aplica sobre el objeto.

Aterrizar simultáneamente
Una bola ligera y una pesada caen (aceleran) al mismo ritmo. La fuerza gravitacional es más fuerte sobre la bola pesada, pues su fuerza es proporcional a la masa. Esa fuerza mayor hace que la bola pesada acelere tan rápidamente como la ligera.

LO QUE PESAMOS EN OTROS PLANETAS

Aunque la masa de un objeto permanece igual, su peso depende de la fuerza de la gravedad, que varía según el planeta. En un planeta más pequeño, una persona pesaría menos de lo que pesa en la Tierra, pero en un planeta más grande, como Júpiter, pesaría más.



Relatividad especial

En 1905, Albert Einstein propuso una forma revolucionaria de entender cómo funcionan juntos el movimiento, el espacio y el tiempo. La llamó teoría de la relatividad especial, y su propósito era resolver el mayor problema de la física de su tiempo: la contradicción entre los diferentes modos en que la luz y los objetos se mueven por el espacio.

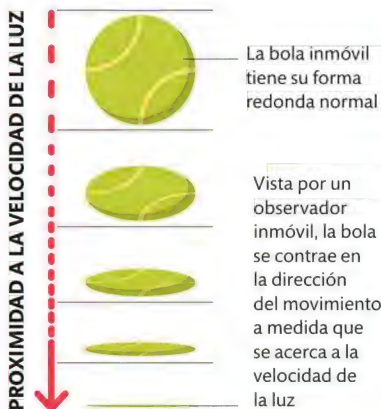
Leyes contradictorias

Las leyes del movimiento dicen que el movimiento de todo objeto es relativo al movimiento de otros objetos. Sin embargo, según las leyes del electromagnetismo, la luz viaja a velocidad constante, siempre llega a un observador a la misma velocidad, aunque la fuente de luz esté inmóvil, moviéndose o alejándose de él.



CONTRACCIÓN

El tiempo se ralentiza y el espacio se contrae en torno a un objeto en movimiento. No puede medirse porque los instrumentos de medida se contraen también. Cuando el objeto se acerca a la velocidad de la luz, el espacio se contrae tanto y el tiempo se dilata tanto desde el punto de vista del observador, que el objeto parece haber dejado de moverse por completo.

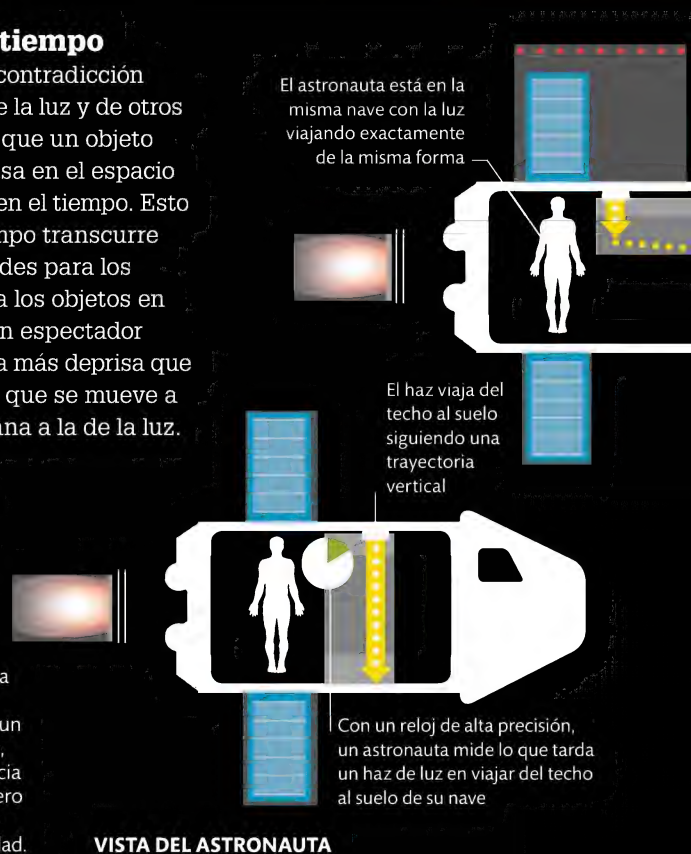


Dilatación del tiempo

Einstein explicó la contradicción entre la velocidad de la luz y de otros objetos postulando que un objeto que se mueve deprisa en el espacio se mueve despacio en el tiempo. Esto significa que el tiempo transcurre a distintas velocidades para los observadores y para los objetos en movimiento. Para un espectador inmóvil, el tiempo va más deprisa que para un observador que se mueve a una velocidad cercana a la de la luz.

Explicar la velocidad constante de la luz

En una nave espacial a una velocidad cercana a la de la luz, un astronauta mide la velocidad de la luz y ve que recorre una distancia pequeña en un corto período de tiempo. Para un observador estacionario, la luz recorre una distancia mayor en más tiempo. Pero ambos miden luz que se mueve a la misma velocidad.





Masa y energía

Al tiempo que se preguntaba por qué la luz viaja siempre a una velocidad fija, Einstein examinó la naturaleza de la masa y de la energía. Vio que masa y energía son equivalentes y relacionó las dos propiedades con su ecuación $E = mc^2$, en la que E es la energía, m la masa y c la velocidad de la luz. Añadir energía a un objeto inmóvil puede hacer que se mueva. Como la energía y la masa son equivalentes, el movimiento hace que el objeto actúe como si fuera más pesado que cuando estaba inmóvil. A bajas velocidades, este efecto es insignificante, pero al aproximarse a la velocidad de la luz, la masa de un objeto se acerca al infinito.

$$E = mc^2$$

La cantidad de energía encerrada en la materia en forma de masa es enorme. En una explosión nuclear, pequeñas cantidades de masa se convierten en enormes cantidades de luz y calor

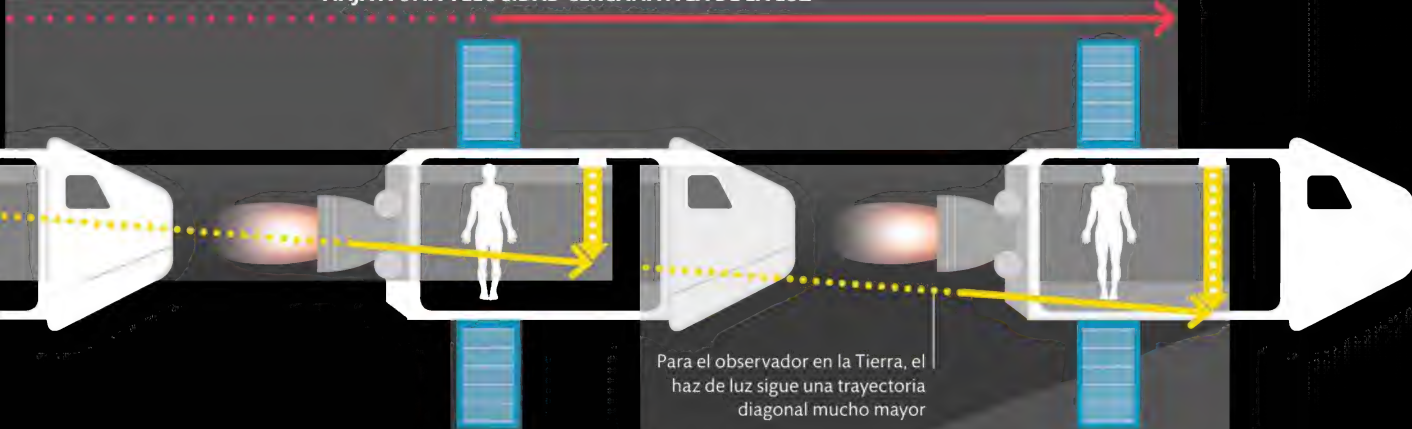
La masa es una propiedad de la materia que describe su resistencia a los cambios de movimiento. Cuanto más grande es la masa, más energía puede liberar

La luz la transmiten partículas sin masa, por lo que viaja a la mayor velocidad posible, la velocidad de la luz

¿CUÁNDO SE USÓ POR PRIMERA VEZ LA EXPRESIÓN «TEORÍA DE LA RELATIVIDAD ESPECIAL»?

Einstein no la llamó así hasta diez años después de publicarla, y lo hizo para distinguirla de su teoría general de la relatividad. Su trabajo se tituló *Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento*.

VIAJA A UNA VELOCIDAD CERCANA A LA DE LA LUZ



Percepción desde fuera

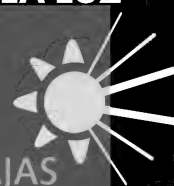
La actividad en el interior de una nave muy veloz parece diferente para un observador en un marco de referencia diferente, como la superficie de la Tierra. Para el observador en la Tierra, el haz de luz traza una línea diagonal, no vertical.

VISTA DEL OBSERVADOR DESDE LA TIERRA



El reloj en el marco de referencia móvil avanza más despacio que el reloj en el marco de referencia estacionario

VELOCIDAD DE LA LUZ
HECHAS EN EL SIGLO XVII ERAN UN 26 % DEMASIADO BAJAS



Relatividad general

La gravedad, tal como la describió Isaac Newton en 1687, es incompatible con la teoría de la relatividad especial de Albert Einstein. Por eso, en 1916, Einstein unificó la gravedad con sus ideas sobre el espacio y el tiempo en su teoría general de la relatividad.

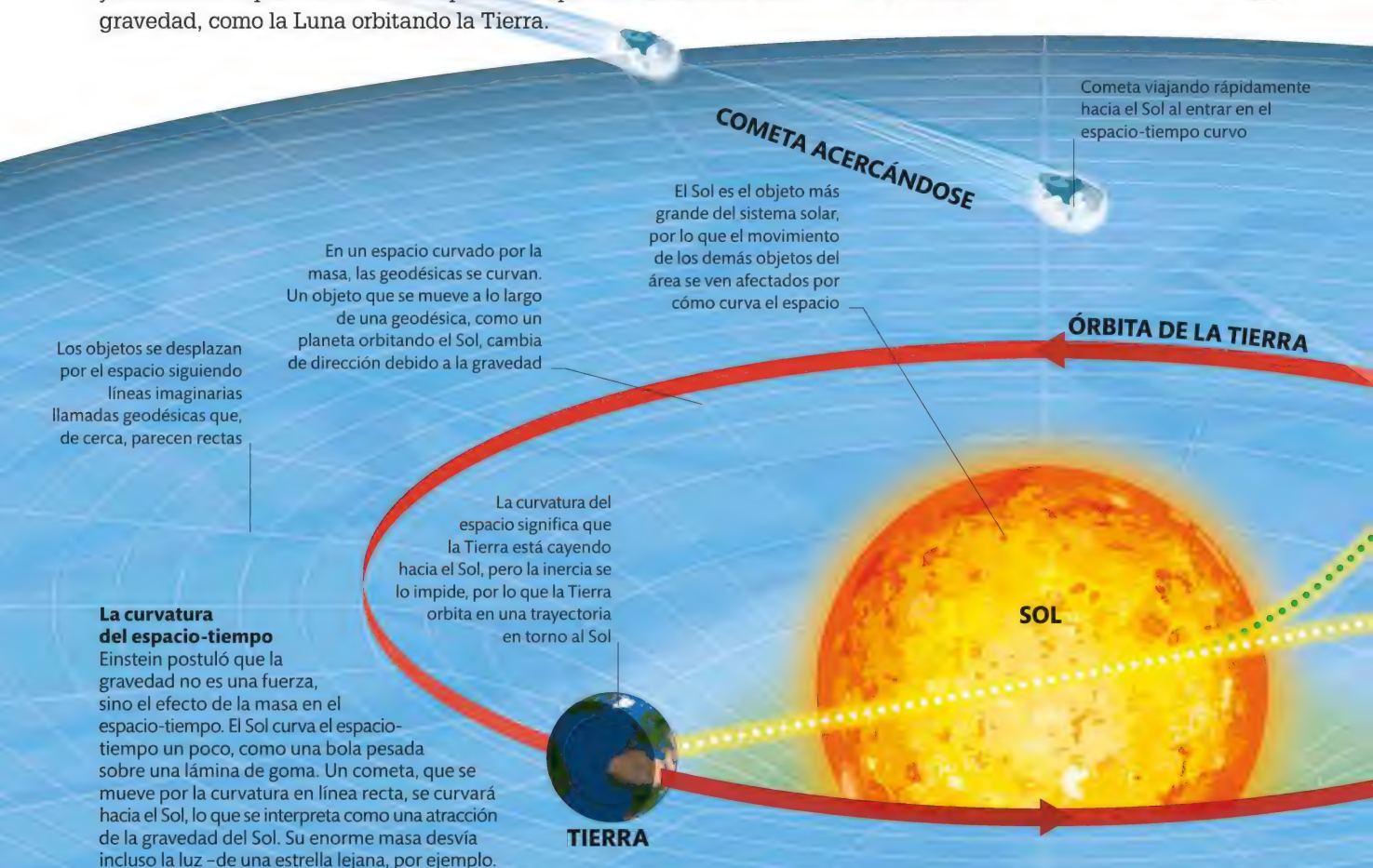
Espacio-tiempo

La relatividad especial describe cómo los objetos experimentan el espacio y el tiempo de forma diferente dependiendo de su movimiento. Una importante aplicación de esta teoría es que el espacio y el tiempo están siempre unidos. La relatividad general describe el espacio y el tiempo en un continuo de cuatro dimensiones llamado espacio-tiempo, que los objetos muy grandes curvan. Masa y energía son equivalentes y la curvatura que causan en el espacio-tiempo crea los efectos de la gravedad, como la Luna orbitando la Tierra.

¿CÓMO SE PROBÓ LA TEORÍA?

En 1919, el astrónomo Arthur Eddington observó luz desviada durante un eclipse de Sol total. Esto demostró el efecto del espacio-tiempo curvo e hizo a Einstein famoso mundialmente.

LA RELATIVIDAD GENERAL EXPLICA EL MOVIMIENTO DE LOS PLANETAS ALREDEDOR DEL SOL



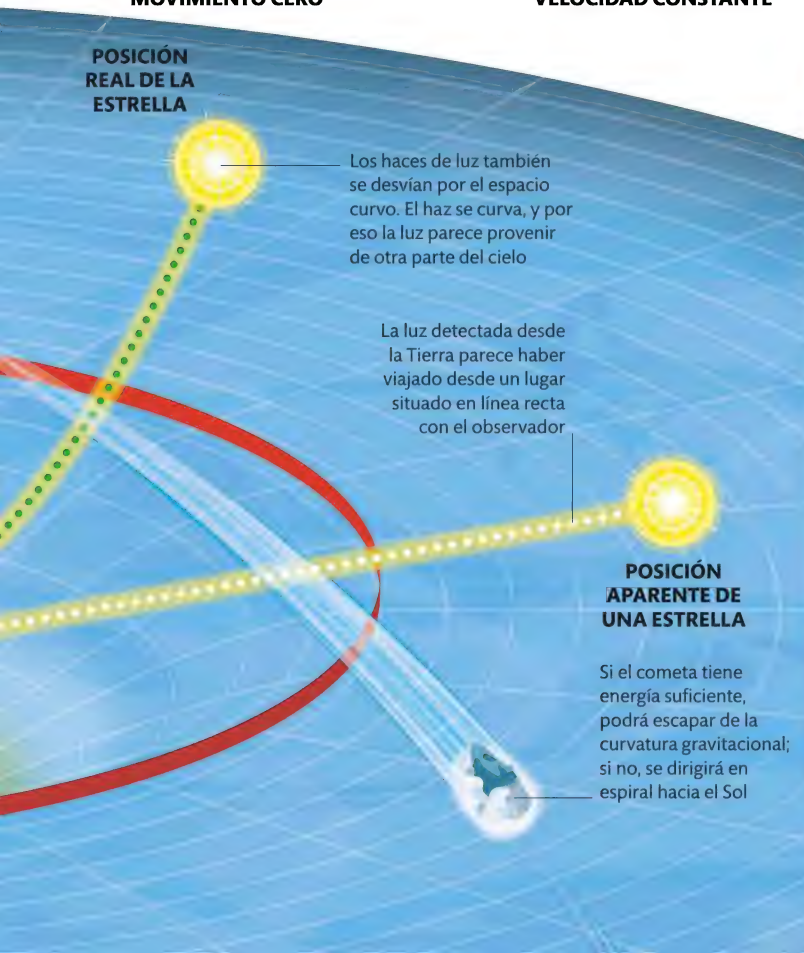


El principio de equivalencia

Para entender la gravedad, Einstein se imaginó a sí mismo en un ascensor y se preguntó si la fuerza que lo retenía en el suelo era la atracción de la gravedad o el efecto de la inercia mientras el ascensor subía. Desde dentro, no hay modo de saberlo. A esto se lo llama principio de equivalencia. A partir de esta idea, comenzó a verse como un espectador que observaba el universo desde un marco de referencia fijo.

El experimento del ascensor de Einstein

Einstein amplió su experimento mental del ascensor imaginando el aspecto que tendría un haz de luz visto por una persona dentro del ascensor en tres situaciones diferentes. La persona de dentro no es capaz de identificar el movimiento del ascensor por completo pero puede ver el comportamiento del haz de luz. El experimento revela que al viajar muy deprisa o al ser atraído por una poderosa gravedad, el espacio y el haz de luz se curvan.



NAVIGACIÓN POR GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) muestra los efectos de las teorías de Einstein. Los satélites de GPS envían señales de su posición y tiempo exactos, que los sistemas globales de navegación usan para calcular su posición. Sin embargo, como los satélites se mueven a gran velocidad, sus relojes de a bordo avanzan más despacio que en la Tierra, algo con lo que deben contar los sistemas globales de navegación.

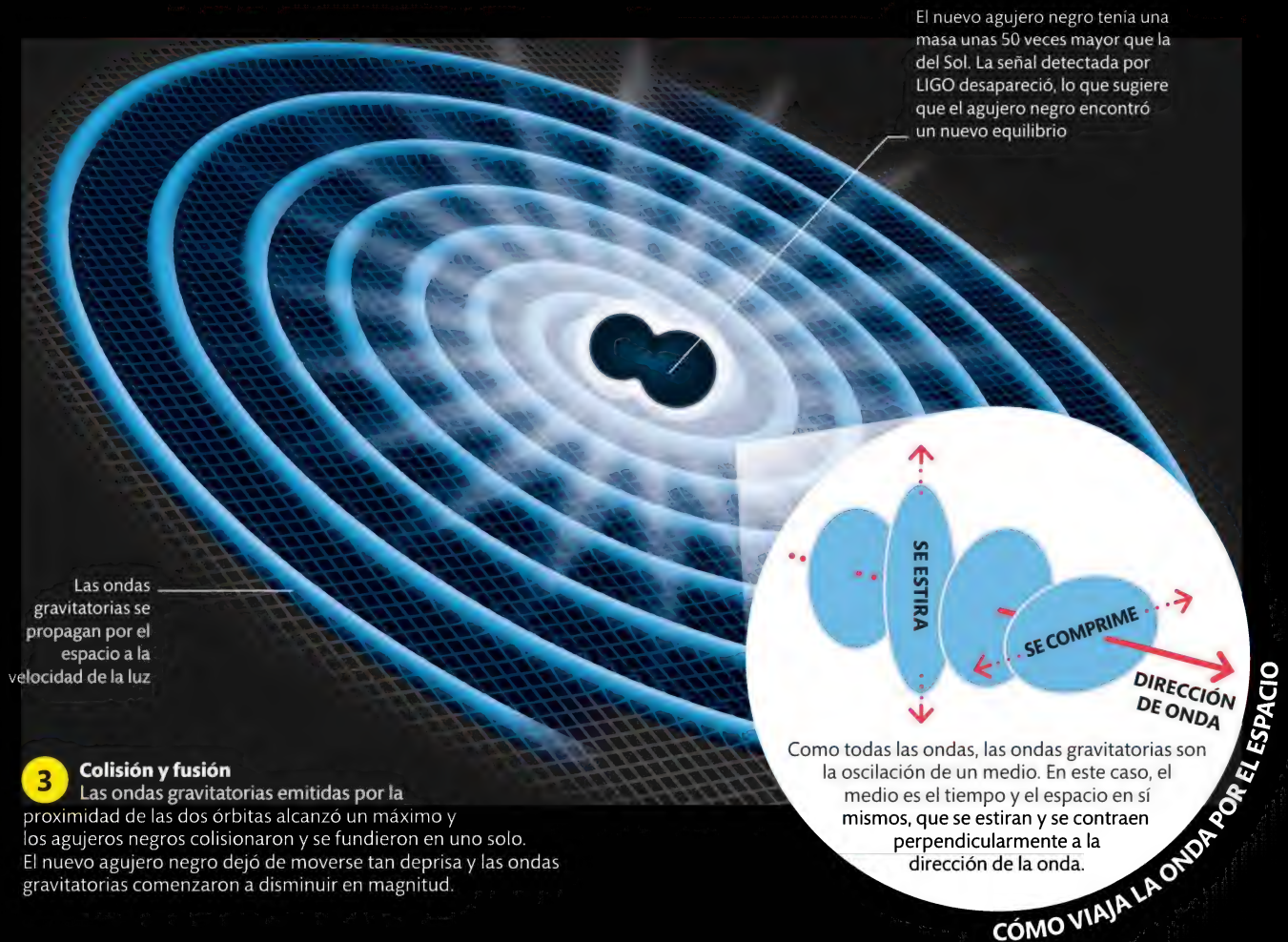
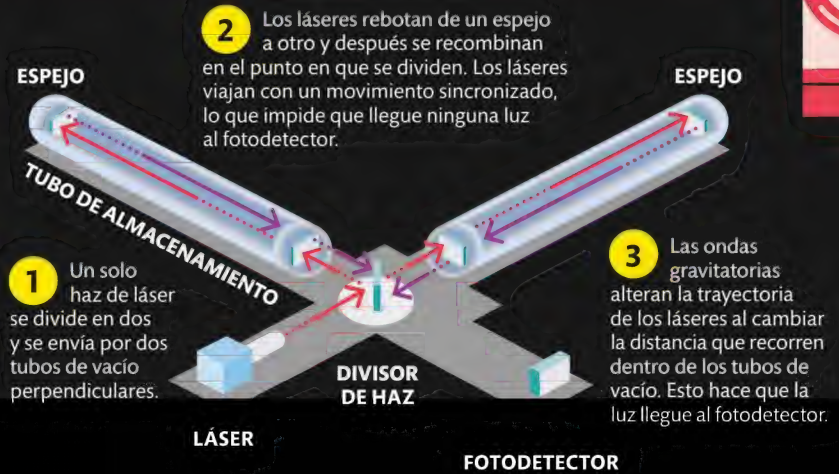


- 2 La velocidad de órbita aumenta mucho**
A medida que los agujeros negros se acercan entre sí, sus órbitas espirales se hacen más y más pequeñas y ambos aceleran hasta casi la velocidad de la luz. Toda esa masa a una velocidad tan grande produce poderosas ondas gravitatorias que se expanden en todas direcciones.



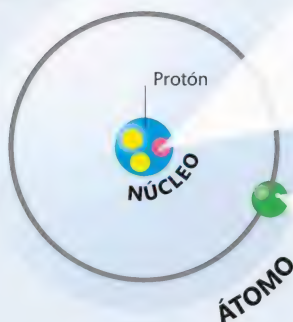
Cómo funciona LIGO

El LIGO, u Observatorio de Interferometría Láser de Ondas Gravitatorias, detecta ondas gravitatorias por sus efectos en rayos láser disparados por dos tubos de 4 km de largo. Uno de los rayos recorre media longitud de onda más que el otro. Cuando los dos rayos se encuentran, se cancelan y desaparecen. Una onda gravitatoria altera la distancia recorrida por los láseres, por lo que estos producen entonces una señal de luz fluctuante.



Teoría de cuerdas

La teoría de cuerdas es un intento de resolver los mayores problemas de la física. Por ejemplo, cómo funciona la gravedad a una escala increíblemente pequeña. Postula que todas las partículas son «cuerdas» de una sola dimensión que forman parte de un tejido universal.



Cuerdas, no partículas

No pueden observarse directamente las partículas subatómicas, solo podemos observar sus efectos. La teoría de cuerdas sugiere que las partículas son diminutas cuerdas vibratorias. Cada partícula elemental, como los electrones y los quarks, posee una vibración distintiva que explica muchas de sus características, como su masa, carga y cantidad de movimiento. Nadie ha descubierto aún cómo demostrar la teoría de cuerdas. De momento, es solo un sistema matemático que parece coincidir con el modo en que se comportan las partículas.

Filamentos de energía

Según la teoría de cuerdas, las partículas elementales, como los electrones y los quarks, de los que están hechos los protones, son cuerdas o filamentos de energía, cada uno con una vibración distintiva.

Gravedad cuántica

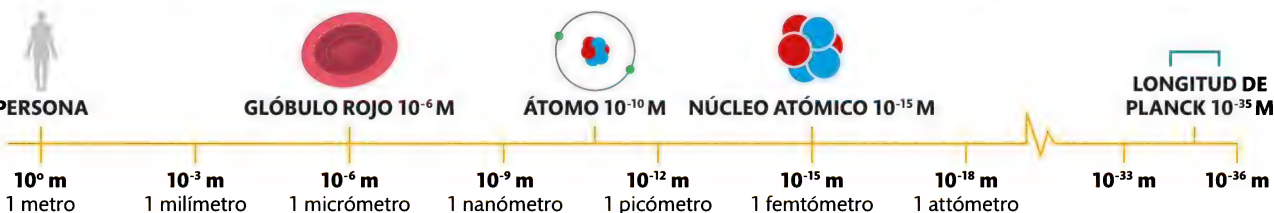
La teoría de la gravedad cuántica está pensada para unir la relatividad general, que describe la gravitación de estructuras enormes, como planetas, y la mecánica cuántica, que muestra cómo funcionan las otras tres fuerzas fundamentales a escala atómica. Los efectos de la gravedad cuántica podrían obrar a la escala de la llamada longitud de Planck.

La longitud de Planck

No se puede determinar la localización de dos objetos que se encuentren a menos de una longitud de Planck de distancia, lo que la convierte en la unidad más pequeña con sentido físico.

¿POR QUÉ TIENE QUE HABER UNA TEORÍA DEL TODO?

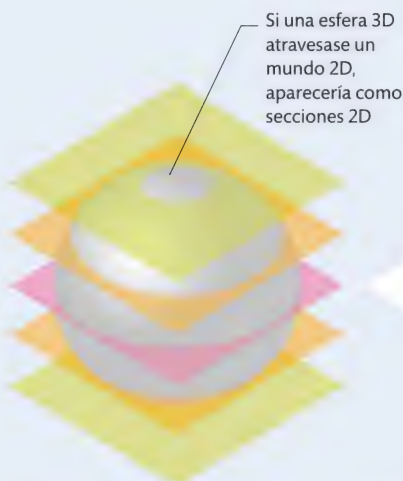
El universo sigue una serie de reglas que funcionan a escalas grandes y pequeñas. Estas tienen que estar relacionadas y una teoría del todo busca explicar de qué forma.





Múltiples dimensiones

La teoría de cuerdas sugiere que las cuerdas no solo vibran en las tres dimensiones visibles (ancho, alto y profundidad), sino al menos en siete dimensiones más que permanecen ocultas para nosotros y se describen como «compactas», lo que quiere decir que solo aparecen en las escalas subatómicas más pequeñas, y podrían estar por todas partes y explicar fenómenos misteriosos como la materia oscura y la energía oscura (ver pp. 206-207).



Si una esfera 3D
atravesase un
mundo 2D,
aparecería como
secciones 2D



Para un observador 2D, las
secciones o rodajas de la esfera
se verían como anillos concéntricos
a medida que cada segmento
pasa por la superficie 2D

Formas 3D en un mundo 2D

Imaginar una forma 3D en un mundo de dos dimensiones nos ayuda a entender las dimensiones espaciales superiores. En un mundo bidimensional, una esfera se ve como círculos.

Vista de un observador 2D

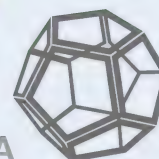
Un ser 2D, incapaz de mirar abajo o arriba, al mirar una esfera que se mueve de arriba abajo, ve un círculo que se agranda y se reduce. Esto se debe a la dimensión invisible.

Variedad de Calabi-Yau

Según algunos proponentes de la teoría de cuerdas, las dimensiones extras invisibles para nosotros pueden plegarse en estructuras geométricas llamadas variedades de Calabi-Yau. En la ilustración, una sección bidimensional de una variedad de seis dimensiones llamada quintico de Calabi-Yau.



La variedad se divide en 25 regiones o «parches», cada uno representado por un color diferente



UNA VERSIÓN DE LA TEORÍA DE CUERDAS, HABLA DE 10 DIMENSIONES DEL ESPACIO

S-partículas

Variantes de la teoría de cuerdas sugieren que la materia es solo la forma de energía con menor vibración y que hay otras cuerdas vibrando en octavas más altas, como en la armonía musical. Las vibraciones superiores representan las superpartículas, o s-partículas, cada una de las cuales, en teoría, se empareja con una partícula elemental normal. Algunos proponentes de la teoría de cuerdas predicen que las s-partículas podrían tener masas hasta mil veces mayores que sus partículas correspondientes.

PARTÍCULAS DE MATERIA Y S-PARTÍCULAS PROPUESTAS

Partícula	S-partícula
Quark	Squark
Neutrino	Sneutrino
Electrón	Selectrón
Muon	Smuon
Tau	Stau

PARTÍCULAS DE FUERZA Y S-PARTÍCULAS PROPUESTAS

Partícula	S-partícula
Gravitón	Gravitino
Bosones W	Winos
Z ⁰	Zino
Fotón	Fotino
Gluon	Gluino
Bosón de Higgs	Higgsino



LA VIDA

¿Qué es la vida?

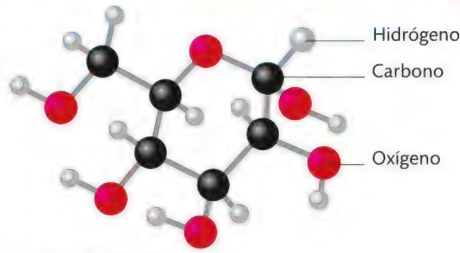
La vida es lo más complejo del universo conocido. Las piezas moleculares que la componen y la interacción entre sus partes son más complicadas que las de cualquier ordenador. Tenemos que reducir la biología de un organismo a sus funciones básicas para apreciar qué hace que algo tenga vida.

Signos vitales

Millones de especies de organismos comparten una combinación de rasgos: las características de la vida; solo cuando convergen todas estas características se puede decir que algo está vivo. Un ser vivo consume alimento, respira para liberar energía y excreta residuos. Se mueve, responde a su entorno, crece y se reproduce. Los objetos inertes pueden tener una o dos de estas funciones, pero no todas.

Construcción compleja

Los agentes químicos que componen la vida se ordenan alrededor de una estructura de átomos de carbono y forman algunas de las mayores moléculas que se conocen. Las cadenas de ADN o celulosa pueden medir varios centímetros. Las plantas las crean a partir de dióxido de agua y carbono. Los animales, en cambio, las logran comiendo otros organismos o sus residuos. Estas moléculas de comida actúan como combustible y materiales de construcción.



Molécula de alimento

La glucosa se compone de 24 átomos; es una de las moléculas de alimento más simples. Igual que en otras biomoléculas, los átomos de carbono conforman su estructura.



ENTRE LOS SERES VIVOS MÁS SIMPLES ESTÁN LAS BACTERIAS QUE CAUSAN LA NEUMONÍA, CON TAN SOLO 687 GENES



Cristales

El crecimiento y replicación de los cristales químicos se produce cuando se acumula en forma sólida la materia prima del entorno; sin embargo, no requiere de un metabolismo complejo.

CRECIMIENTO



Las células crecen y se dividen y usan energía para construir más moléculas orgánicas. La multiplicación de las células hace que un organismo multicelular se convierta en un árbol gigante o una ballena.

REPRODUCCIÓN



La replicación del ADN asegura la división celular y la reproducción de los cuerpos, junto con sus instrucciones genéticas. La reproducción promueve la evolución y la colonización de nuevos hábitats.



Ordenador

Un ordenador puede detectar y responder a estímulos, además de almacenar información igual que la memoria del cerebro animal, pero esas hazañas no son nada en comparación con las de los seres vivos.

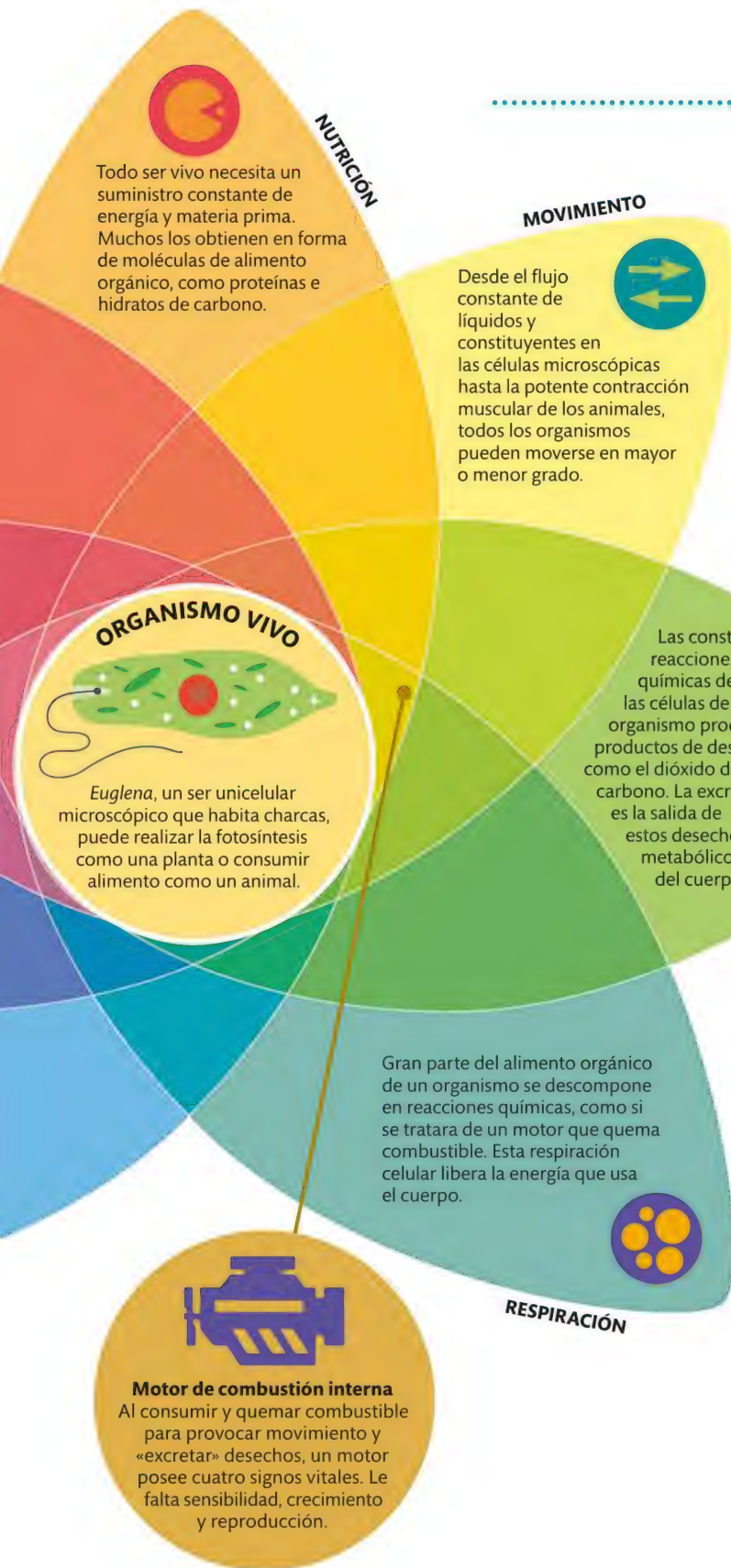
SENSIBILIDAD



Los organismos perciben los cambios en el entorno, por ejemplo la luz, la temperatura o la composición química. Cada estímulo dispara un conjunto específico de respuestas coordinadas.

Diagrama de Venn de la vida

A pesar de la increíble variación entre todos los organismos, todos los seres vivos comparten estas siete funciones básicas, ya sean bacterias, plantas o animales.

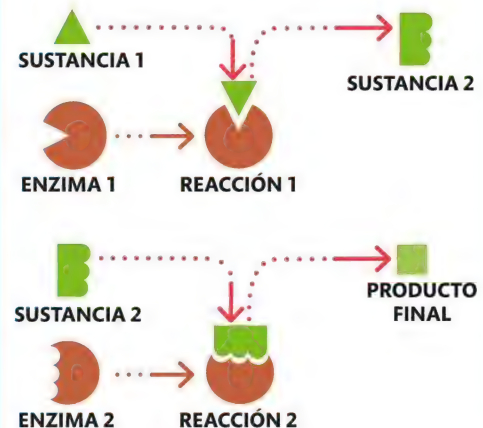


LA VIDA ¿DEPENDE DEL CARBONO?

Los autores de ciencia ficción han especulado con la existencia de una biología alternativa basada en el silicio. Sin embargo, el carbono es el único elemento capaz de combinarse con muchos tipos de átomos para formar moléculas muy complejas y, por lo tanto, la vida.

¿QUÉ ES EL METABOLISMO?

La vida se basa en el metabolismo, una serie de reacciones químicas que modifican las moléculas: una proteína catalizadora concreta, o enzima, propicia cada paso. El metabolismo exclusivo de cada organismo depende de un conjunto de enzimas determinado por las instrucciones genéticas del ADN.



Tipos de seres vivos

Clasificamos las cosas para dar sentido al mundo; además de organizar la gran variedad de la vida, la clasificación científica moderna tiene un objetivo adicional: cartografiar las similitudes físicas y genéticas entre especies para reflejar sus relaciones evolutivas.

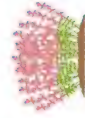
El árbol de la vida

Las semejanzas entre organismos tan distintos como las bacterias y los animales, especialmente en sus células y genes, prueban que toda la vida viene de un antepasado común. Durante miles de millones de años los seres vivos han creado un gran árbol genealógico. Los científicos los clasifican en una serie de grupos cada vez más pequeños, igual que las grandes ramas se han dividido en ramas más pequeñas durante la evolución. Las ramas más antiguas del árbol corresponden a la aparición de los reinos de la vida; las ramas más externas corresponden a los millones de especies que han existido.

UNA CUCHARADITA DE TIERRA
PODRÍA CONTENER MÁS DE
100 000 ESPECIES DE MICROBIOS

NOMBRES CIENTÍFICOS

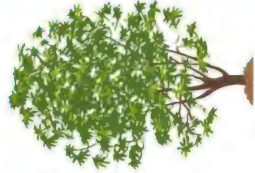
Cada especie tiene un nombre científico exclusivo para evitar toda ambigüedad, algo que los nombres comunes, como brezo blanco o brezo arbóreo (ambos se refieren a la misma especie, *Erica arborea*), casi nunca consiguen. Los nombres científicos suelen ser descriptivos (*arborea* significa «en forma de árbol») y siempre está compuesto por dos partes: la primera, *Erica*, define un grupo de especies relacionadas, el género. Al incluir la segunda parte (*Erica cinerea* o *E. arborea*), el nombre define la especie.



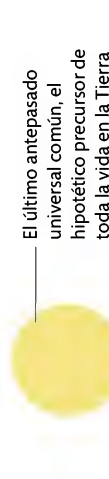
Erica cinerea



Erica arborea



Rhododendron arboreum



El último antepasado universal común, el hipotético precursor de toda la vida en la Tierra

ANCESTRO UNIVERSAL



REINO DE LAS BACTERIAS
Los organismos unicelulares más sencillos



REINO DE LAS ARQUEAS
Superficialmente parecidas a las bacterias, pero de genes muy diferentes



REINO DE LOS PROTOZOOS
Organismos unicelulares, incluye amebas y semejantes.



REINO CROMISTA
Algas con clorofila a y c, ciliados y foraminíferos y semejantes; en su mayoría, unicelulares



REINO ANIMAL



REINO DE LOS HONGOS

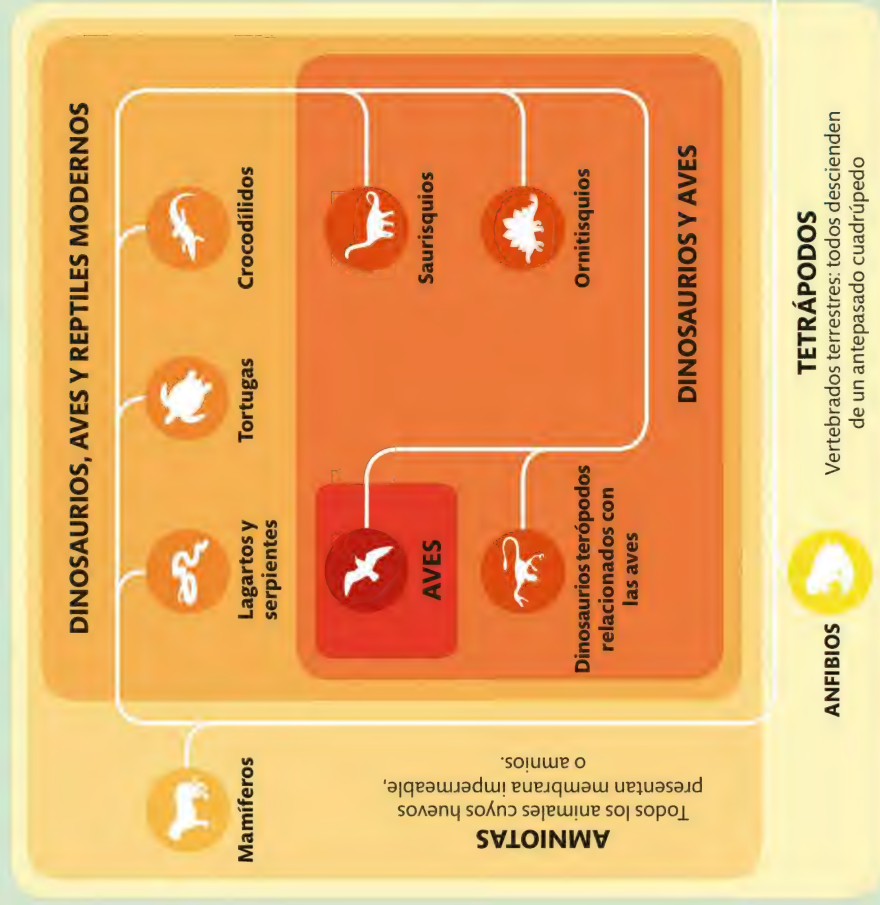


REINO DE LAS PLANTAS Y ALGAS RELACIONADAS
Todos sus miembros poseen clorofila a y b

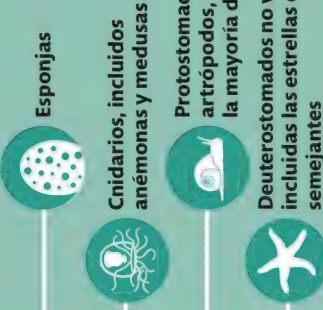
Grupos naturales y no naturales

Las aves y los insectos tienen alas, pero no es natural agruparlos como «animales voladores». Los grupos naturales, o clados, incluyen a los descendientes de un antepasado común, una bifurcación en el árbol de la vida. Mamíferos y aves pertenecen a clados diferentes. En cambio, los grupos de animales que denominamos peces e invertebrados no lo son, porque no incluyen a todos sus descendientes. Los peces, por ejemplo, no incluyen a los vertebrados terrestres, vástagos suyos.

Grupos dentro de grupos
Si clasificamos solo según sus vínculos, el sistema debe reflejar que las aves descienden de un grupo de terópodos, los dinosaurios erguidos, que incluye al *Tyrannosaurus*. Es decir, se clasifican como un subgrupo de los dinosaurios, ubicados con los reptiles.



INVERTEBRADOS



Invertebrados, un grupo no natural
Los invertebrados tienen poco más en común que la falta de columna vertebral. Algunos son simples, otros complejos. Es más, el grupo de los invertebrados es incompleto, pues excluye a los vertebrados (animales con columna vertebral) miembros de los deuterostomados.

PECES



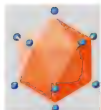
Peces, un grupo no natural

Todos los peces tienen un antepasado común, pero un grupo, los peces óseos de aletas carnosas, dio paso a los animales de cuatro patas (tetrapodos), que ya no son peces. Así que, como los invertebrados, los peces no son un clado. Pero, al contrario que los invertebrados, los peces tienen complejidad similar y comparten muchos rasgos, y por eso conforman un útil grupo no cladístico, o grado.

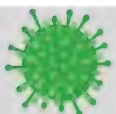


Virus

Los virus son la viva muestra del impulso por replicarse: pese a no ser realmente seres vivos, estas partículas infecciosas, apenas un grupo de genes, sabotean células vivas para esparcir por el huésped copias suyas. Algunos causan pocos daños, pero otros provocan las enfermedades más terribles.



POLIÉDRICOS



CON ENVOLTURA



HELICOIDALES



COMPLEJOS

Tipos de virus

Los virus presentan distintas formas, pero todos tienen las mismas partes: un grupo de genes en una membrana de proteína. Algunos disponen de ADN, y otros, ARN, la sustancia que usan las células auténticas como paso intermedio para crear proteínas (pp. 158-159). Lo más curioso de todo es que muchos genes de virus están más relacionados con los genes de sus huéspedes que con los de otros virus, lo que indica que quizá sean fragmentos de genes fugados de los cromosomas de los huéspedes.

Ciclo vírico

Todos los virus son parásitos que se contagian por contacto, por el aire o con comida infectada. Realmente no son seres vivos (pp. 150-151), en parte porque son incapaces de replicarse sin la ayuda de otra célula. Igual que los organismos vivos de los que se aprovechan, sus genes le indican cómo debe comportarse para infectar el cuerpo del huésped para una máxima proliferación. Cada tipo de virus tiene sus propios efectos: desde el leve resfriado común del rinovirus hasta el colapso absoluto del sistema del ébola.

El virus se une a la membrana celular
Las proteínas (triángulos naranjas y esferas azules) componen la cápsula del virus

1 El virus se une
Las moléculas de la membrana vírica se unen a moléculas concretas de la membrana celular del huésped, lo que le permite atacar a la célula; también explica por qué los virus pueden atacar solo a determinados tipos de tejidos y especies.

3 Se rompe la membrana vírica
Cuando la membrana del virus ya no hace falta, se rompe y libera su material genético en la célula del huésped.

Estos genes son de ARN (naranja), pero en otros virus pueden ser de ADN

2 El virus penetra en la célula
Muchos virus penetran en la célula a través de una «burbuja» de membrana celular del huésped. Esta burbuja se cierra alrededor del virus en la superficie y crece hacia dentro hasta que el virus ha entrado.

El núcleo contiene el ADN de la célula del huésped

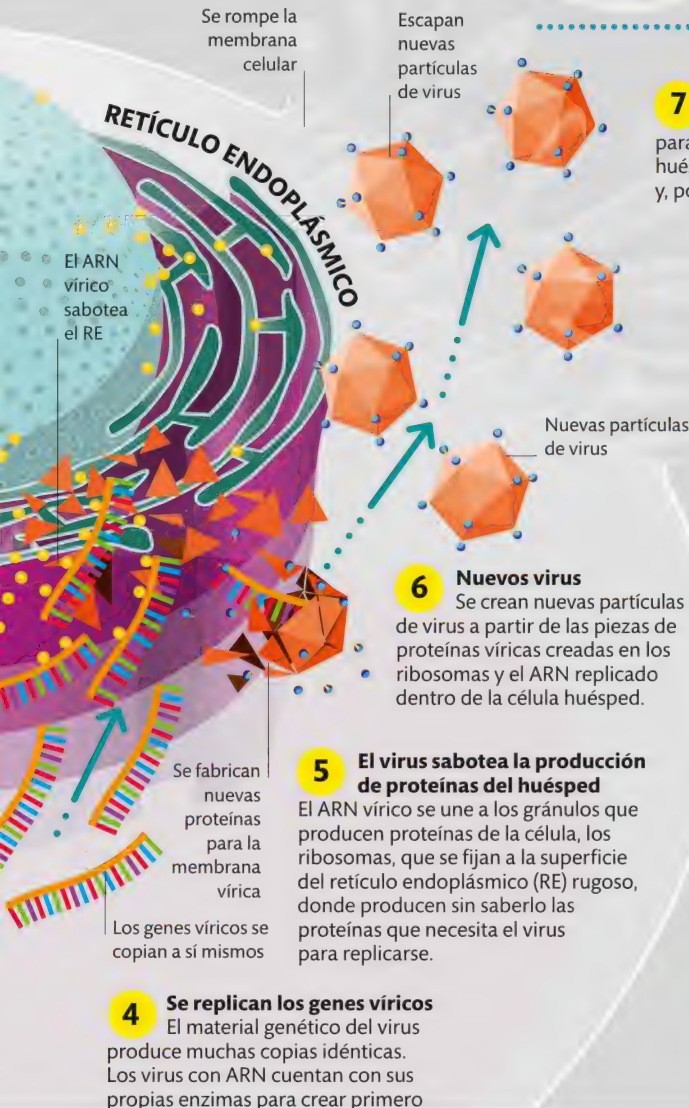
NÚCLEO

El RE rugoso contiene ribosomas

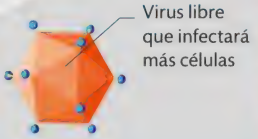
Ribosomas: partículas que realizan la síntesis de proteínas

El virus cruza la membrana celular

Burbuja llena de líquido o vesícula

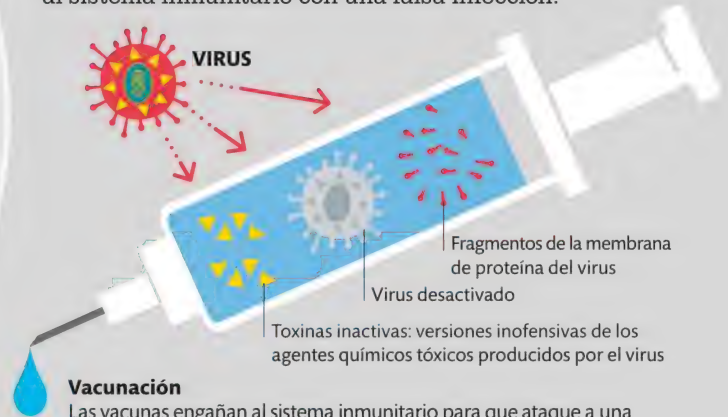


7 Se liberan nuevas partículas de virus
Las partículas víricas escapan de la célula para infectar otras o dispersarse a un nuevo huésped. A veces se rompe la membrana celular y, por lo tanto, muere la célula huésped.



Lucha contra los virus

Ante un virus, el cuerpo moviliza los glóbulos blancos del sistema inmunitario. Algunos liberan anticuerpos, proteínas que se unen a los virus para desactivarlos, y otros, las «células agresoras», sacrifican a las células que ya han sido infectadas. Los virus no se pueden tratar con antibióticos, ya que solo funcionan contra los microbios, como las bacterias. La primera defensa para el control de los virus son las vacunas, que preparan al sistema inmunitario con una falsa infección.

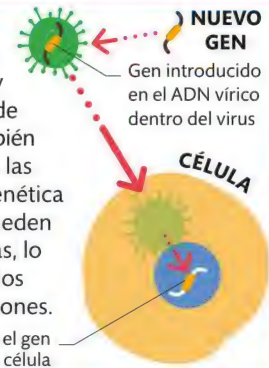


Vacunación

Las vacunas engañan al sistema inmunitario para que ataque a una versión de la infección con potencia suficiente para desencadenar la respuesta inmunitaria pero no para provocar la enfermedad. El sistema inmunitario está preparado para reconocer el virus real y, si lo encuentra, preparar una respuesta rápida y potente.

VIRUS BUENOS

Es posible modificar un virus genéticamente para que lleve fármacos a células concretas y puedan tratarse ciertos tipos de cáncer. Los virus con ADN también pueden llevar genes «sanos» a las células para realizar terapia genética (ilustrada aquí). Otros virus pueden luchar contra bacterias nocivas, lo que supone una alternativa a los antibióticos para tratar infecciones.



MEMBRANA CELULAR

LA VIRUELA ES LA ÚNICA ENFERMEDAD CONTAGIOSA QUE SE HA ERRADICADO CON VACUNAS

Células

Casi todas las partes del cuerpo de todo organismo consisten en unidades vivas denominadas células. Las células procesan alimento y energía, sienten su entorno, crecen y se reparan... en un espacio cinco veces más pequeño que el punto final de esta frase.

Cómo funcionan las células

Una célula está repleta de diminutas estructuras u orgánulos. Igual que los órganos del cuerpo, cada orgánulo realiza una o más tareas especializadas vitales para el funcionamiento de la célula. Todas las células recogen materiales de su entorno para hacer acopio de sustancias complejas.

Los ribosomas recubren el retículo endoplásmico rugoso y le dan su aspecto rugoso

El núcleo almacena el ADN, el manual de instrucciones para fabricar proteínas

El nucléolo participa en la producción de ribosomas

1 Fabricación de proteínas
La mayoría de las sustancias que necesita la célula son proteínas concretas, que se producen siguiendo las instrucciones genéticas (pp. 158-159) de los ribosomas, que recubren la compleja superficie de un orgánulo, el retículo endoplásmico rugoso.

2 Envasado
Las proteínas viajan en vesículas (pequeñas burbujas celulares) que flotan hacia el aparato de Golgi, el transportista de la célula: envasa y etiqueta las proteínas para determinar dónde se enviarán.

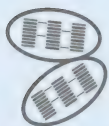
3 Envío
El aparato de Golgi coloca las proteínas en diferentes vesículas según su etiqueta. Las vesículas se desenganchan; las que tienen como destino salir de la célula se unen a la membrana celular y liberan las proteínas.

La mitocondria libera energía para realizar los procesos celulares

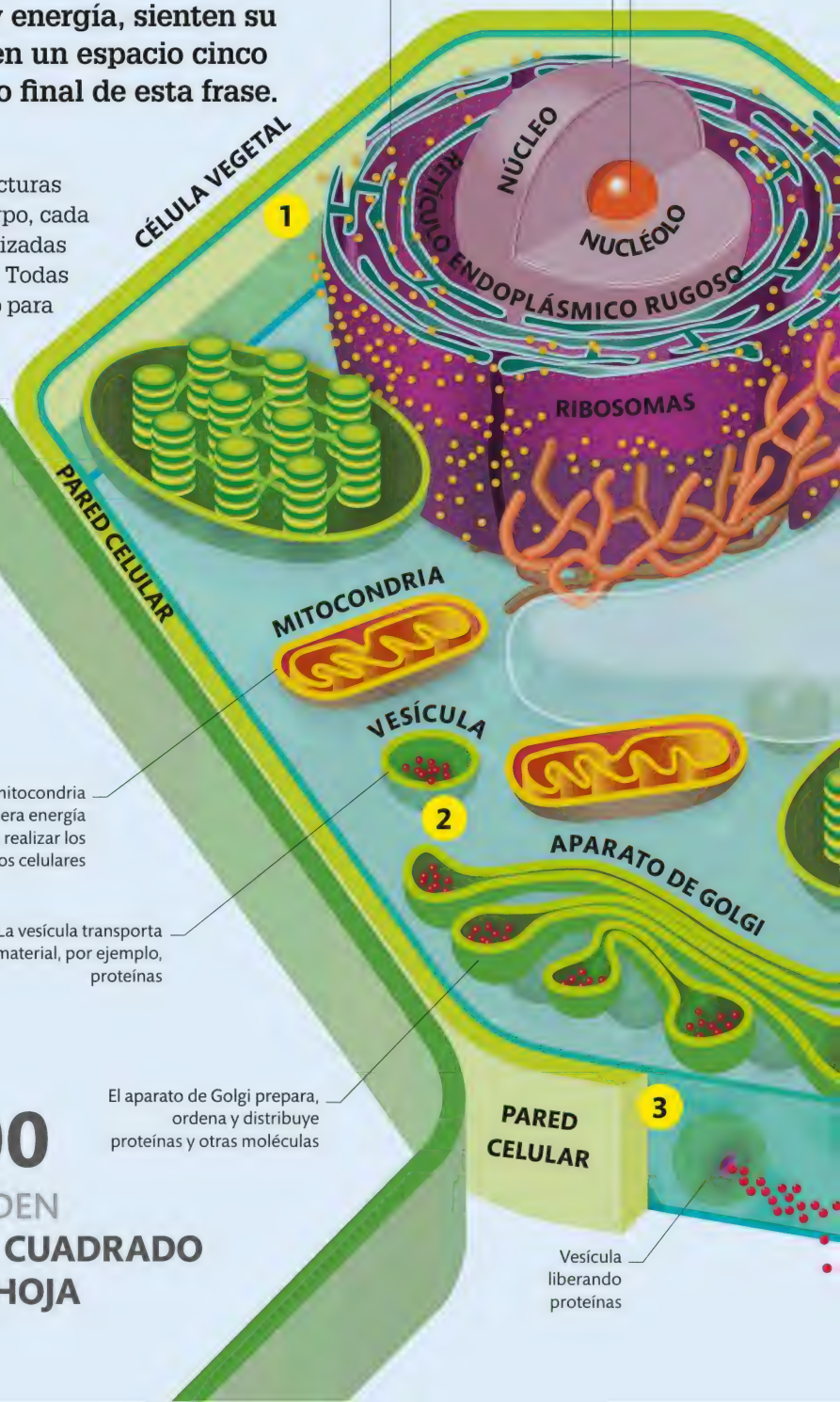
La vesícula transporta material, por ejemplo, proteínas

El aparato de Golgi prepara, ordena y distribuye proteínas y otras moléculas

Vesícula liberando proteínas



HASTA **800 000**
CLOROPLASTOS PUEDEN
OCUPAR CADA MILÍMETRO CUADRADO
DE LA SUPERFICIE DE UNA HOJA





El retículo endoplásmico rugoso fabrica proteínas; los productos se transportan por sus complejas membranas

El retículo endoplásmico liso crea y transporta ácidos grasos, grasas y colesterol por la célula

¿CUÁNTO VIVEN LAS CÉLULAS?

Depende de su función: las células de la piel de un animal duran un par de semanas antes de caerse; en cambio, los glóbulos blancos pueden vivir un año o más.

VACUOLA

La vacuola almacena agua, nutrientes y, a veces, toxinas para defender la planta

La fotosíntesis (pp. 168-169) se produce en los cloroplastos

CLOROPLASTO

El citoplasma es el líquido en que tienen lugar muchas reacciones químicas celulares

La membrana celular controla el intercambio de sustancias

LISOSOMA

El lisosoma contiene enzimas digestivas que destruyen a invasores o sustancias no deseadas

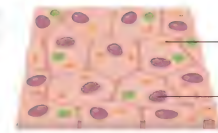
MEMBRANA CELULAR

La diversidad de las células

Las células animales, a diferencia de las vegetales, no disponen de pared celular y no pueden crecer tanto. Igual que las de las plantas, su forma varía según su función. Los animales son más enérgicos que las plantas, y muchas de sus células tienen más mitocondrias. No obstante, no poseen cloroplastos, los encargados de la fotosíntesis: como los animales consumen alimento, no los producen.

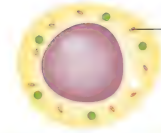
Distintas células animales

Las células planas de la piel forman una película, pero como no se encargan de fabricar proteínas, tienen pocas mitocondrias. En cambio, el gran número de mitocondrias de un glóbulo blanco hace que este pueda entrar rápidamente en acción para defender al cuerpo.



Pocas mitocondrias y vesículas
El núcleo contiene ADN

CÉLULAS DE LA PIEL

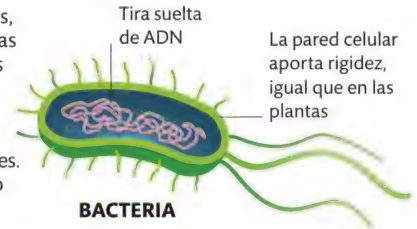


Muchas mitocondrias y vesículas

GLÓBULO BLANCO

Células bacterianas

Las células de las bacterias, no se parecen en nada a las de animales o plantas. Las bacterias evolucionaron mucho antes que los animales, las plantas o incluso las algas unicelulares. Tienen pared celular, pero no núcleo diferenciado con su ADN.



BACTERIA

MÁS CÉLULAS

Las células que forman parte de un cuerpo pluricelular deben duplicarse muchas veces para que crezca o se renueve el cuerpo. El proceso de copia, o mitosis, no es fácil, ya que cada célula debe disponer de su propia copia del genoma, el conjunto completo de instrucciones de ADN del cuerpo, que primero se copia entero antes de que la célula se divida en las células «hijas».

CÉLULA EN REPOSO

MITOSIS

ADN de la célula

La célula copia el ADN

Las fibras de proteínas sitúan el ADN

Las copias del ADN se dividen en dos grupos

La célula empieza a dividirse

Se forma una célula hija, idéntica a la original

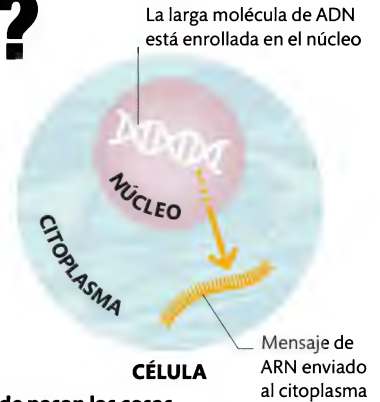


¿Qué son los genes?

El ADN codifica la información que controla cómo crecen y viven los seres vivos. Sus instrucciones se traducen en las proteínas que necesita un organismo. Cada gen es un fragmento de ADN con el código para crear una proteína.

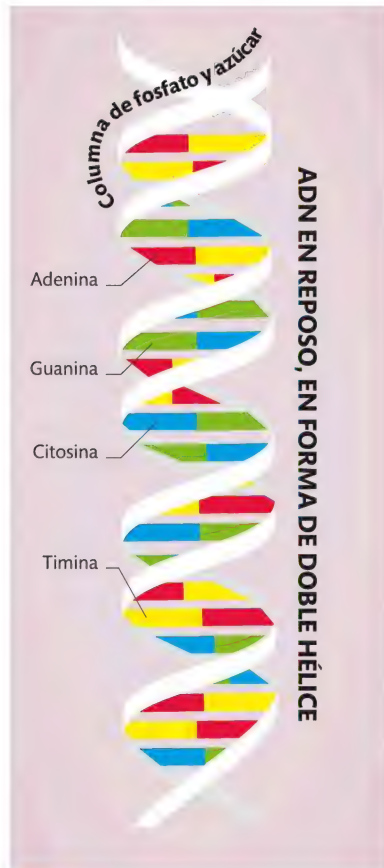
Creación de proteínas

Cientos de tipos de proteínas desempeñan los procesos celulares de la vida. A veces son enzimas que aceleran, o catalizan, las reacciones químicas; otras hacen cruzar materiales a través de las membranas celulares o realizan otras tareas vitales, todas siguiendo las instrucciones de los genes del ADN. Cada gen debe copiarse en una molécula, el ARN, que lleva las instrucciones del núcleo a la maquinaria productora de proteínas de la célula.



Dónde pasan las cosas

El ADN es tan largo e intrincado que debe permanecer en el núcleo. Las proteínas, en cambio, se producen en el citoplasma de la célula; por ello, las copias de los genes se envían en forma de ARN mensajero.



1 Estructura del ADN

La molécula de ADN es una doble hélice formada por dos cadenas en espiral. Cuatro unidades químicas, o bases, se emparejan entre ambas cadenas de manera complementaria: la adenina con la timina; la guanina con la citosina.



2 El ADN se separa

Las instrucciones genéticas se codifican en la secuencia de bases de una de las cadenas. Sus partes, o genes, con el código de proteínas específicas quedan expuestos cuando la doble hélice se separa en dos partes.



3 El ARN se forma según el ADN

Se produce una cadena de ARN a partir del gen expuesto, pues su secuencia de bases es complementaria a la del gen. En el ARN, la adenina se empareja con el uracilo en lugar de la timina.



EL CÓDIGO GENÉTICO, UN IDIOMA UNIVERSAL

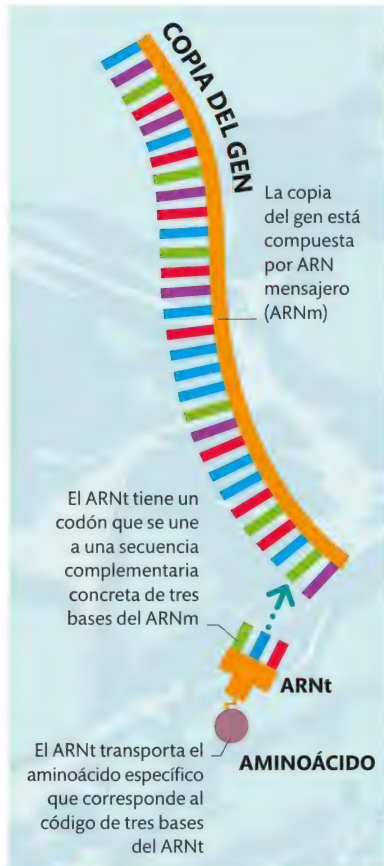
Cada tipo de organismo tiene su propio conjunto de genes, pero la manera de traducir la secuencia de bases en diferentes aminoácidos es igual en todos los organismos, ya sean bacterias, plantas o animales: cada codón (grupo de tres bases) se traduce siempre en el mismo aminoácido. Por ejemplo, AAA codifica el aminoácido lisina, AAC es la asparagina, etc.



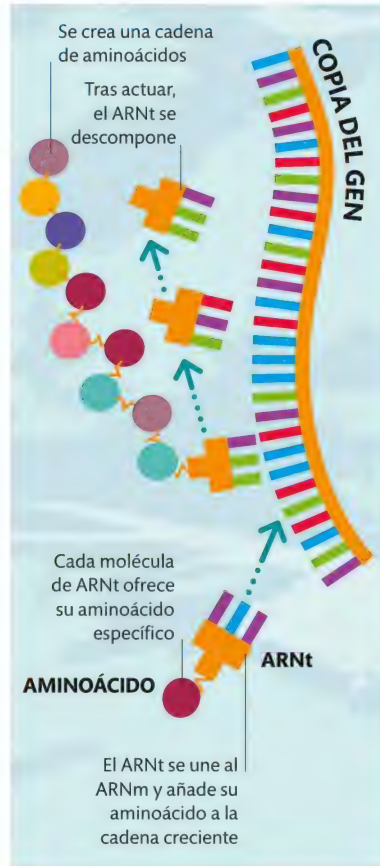
CUANDO SE
COPIA EL ADN
HUMANO
SE AÑADEN

50

BASES POR
SEGUNDO



4 El gen abandona el núcleo
La cadena acabada de ARN mensajero (ARNm), el reflejo del gen, se separa y pasa al citoplasma de la célula, donde atrae moléculas específicas de ARN de transferencia (ARNt).



5 Traducción en aminoácidos
Las moléculas de ARNt reconocen y se unen a secuencias específicas del ARNm. Cada ARNt incluye un aminoácido específico que se une a una cadena cada vez mayor. La secuencia de bases se traduce en aminoácidos.



6 Aminoácidos y proteínas
La secuencia específica de aminoácidos, determinada por el orden de las bases en el gen, controla cómo la cadena se dobla en una compleja molécula de proteínas, lo que determina su forma y función.

Reproducción

La vida produce más vida y los organismos encuentran maneras diferentes de transmitir la mayor cantidad posible de sus genes a la siguiente generación. Algunos seres vivos solo se fragmentan; la reproducción sexual, en cambio, aporta variedad genética.

Reproducción asexual

Todos los organismos copian su ADN al dividirse las células. Algunos replican el cuerpo entero, también en un proceso de copia de sí mismos (pp. 186-187). La reproducción asexual, sin fecundación, resulta en una descendencia idéntica, igualmente susceptible a enfermedades o a cualquier crisis ecológica. No obstante, su simplicidad la hace ideal para una rápida proliferación.

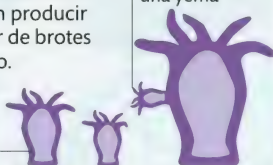


Yemas

Los animales simples, como las anémonas de mar, pueden producir crías a partir de brotes de su cuerpo.

La yema madura y se hace adulta

El crecimiento de la pared del cuerpo crea una yema



Partenogénesis

Algunos animales paren sin haber fecundado. Los huevos de pulgón pueden convertirse en crías dentro de una madre virgen.

Los pulgones paren crías vivas



Reproducción vegetativa

El crecimiento en ramificación de muchas plantas las hace idóneas para reproducirse asexualmente de brotes o esquejes.

La nueva planta nace a partir de un brote



Estrategias reproductoras

Hay distintas maneras de invertir en la siguiente generación: algunos organismos producen muchas crías para contrarrestar que estas tienen baja probabilidad de sobrevivir. Otros son mucho menos prolíficos, pero casi todas las crías sobreviven gracias a los cuidados que reciben de sus progenitores.

Mucha descendencia

Las ranas producen cientos de huevos en cada desove, y así lo hacen año tras año. Sin embargo, casi todas las crías serán presa de los predadores.



Pocas crías

El cóndor de California, un ave rapaz, empieza a reproducirse a los ocho años y produce, como máximo, un único huevo cada dos años.

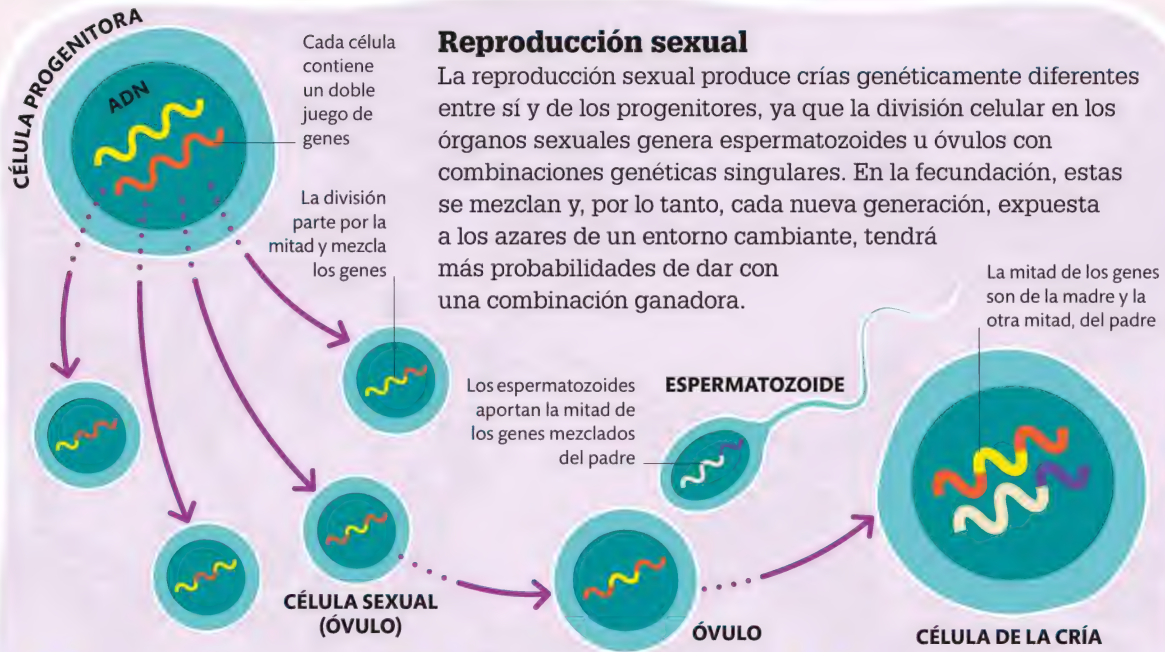


BARRERAS REPRODUCTORAS

El apareamiento entre especies diferentes es muy raro porque suelen existir barreras reproductoras que lo evitan. Las aves solo responden a los cantos de cortejo de su propia especie. Tigres y leones están separados por geografía y hábitat. A veces aparecen híbridos naturales, aunque no consiguen sobrevivir porque suelen ser poco fértiles. Sin embargo, en cautividad no existen las barreras naturales y es más probable que aparezcan híbridos, como el ligre.

LIGRE, CRUCE DE LEÓN Y TIGRESA





1 División y reducción

La meiosis, un tipo de división celular, produce las células sexuales (óvulos y espermatozoides) dividiendo el número de cromosomas y mezclando los genes.

2 Fusión (fecundación)

Los organismos suelen producir muchas células sexuales masculinas móviles y pequeñas, y pocos óvulos más grandes. Cuando se fusionan, la célula resultante tiene una mezcla genética de ambos progenitores.

3 Nueva combinación

La fecundación normaliza el número de genes pero produce crías genéticamente únicas, cuya nueva combinación genética se replica en cada célula del cuerpo.

Sexo vegetal

Las plantas de semillas transfieren las células sexuales masculinas, en granos de polen, a los órganos femeninos. Cada grano dispone de un tubo microscópico para que la célula masculina llegue al óvulo del interior de la flor.

Óvulo dentro de su saco u ovario

Célula sexual masculina en el polen



HEMBRA



MACHO

Sexo animal

Los espermatozoides usan su cola en forma de látigo para nadar hasta el óvulo. La fecundación de muchos animales acuáticos se produce en el agua del entorno. En tierra, en cambio, los espermatozoides deben entrar en el cuerpo de la hembra, así que la fecundación es interna.

Óvulo

Espermatozoide



HEMBRA



MACHO

EL PEZ LUNA PONE 300 MILLONES DE HUEVOS DE GOLPE, MÁS QUE CUALQUIER OTRO VERTEBRADO



Transmisión genética

Las crías heredan las características de sus progenitores porque los genes influyen sobre sus rasgos (pp. 158-159). Cada vez que una célula se divide, sus genes se copian; también están en óvulos y espermatozoides para transmitirlos a la siguiente generación. En la fecundación se mezclan los genes de los progenitores. La combinación resultante de genes variados es la base de la herencia.

Herencia básica

Los patrones de herencia más simples implican una relación directa entre un gen y su rasgo. Por ejemplo, un solo gen controla el color del pelaje del tigre. La variante normal de este gen da un pelaje naranja; la mutada, más rara, da pelo blanco. Cada célula del cuerpo tiene al menos dos copias de cada tipo de gen, pero como la versión naranja es siempre dominante, deben coincidir dos copias de la mutación blanca para que se manifieste, momento en el que se leerá la versión blanca y aparecerá un cachorro de pelaje blanco.

**EL TIGRE BLANCO
NO ES UNA ESPECIE:
CASI TODOS SON
TIGRES DE BENGALA Y
PUEDEN APAREARSE CON
EJEMPLARES NARANJA**

1 Herencia familiar

Ambos padres tienen la misma combinación genética en cuanto a los genes que determinan el color del pelaje: una variante naranja y una blanca. Sin embargo, el padre y la madre pueden tener muchos otros genes diferentes.

¿NACIDOS PARA CORRER?

Los genes son los únicos responsables de algunas características, como el grupo sanguíneo; en cambio, la genética y el entorno afectan a otras características.

Los genes determinan el color de la piel y la masa muscular, pero lo único que hacen es poner los límites de una posible variación. El entorno ayuda a determinar el resultado: tomar el sol puede hacer que la piel se oscurezca; los músculos se desarrollan con el entrenamiento.

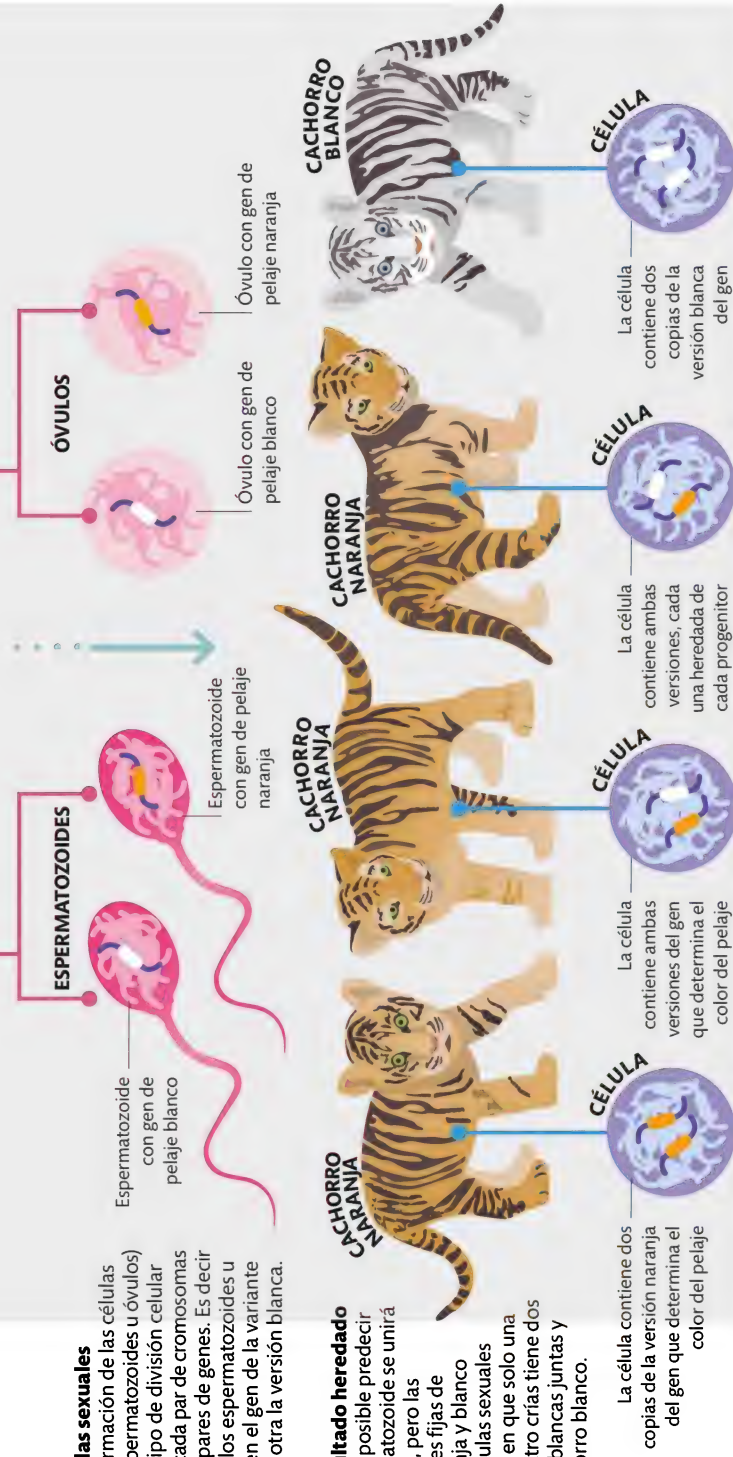


2 Células sexuales

La formación de las células sexuales (espermatozoides u óvulos) implica un tipo de división celular que separa cada par de cromosomas y divide los pares de genes. Es decir, la mitad de los espermatozoides u óvulos tienen el gen de la variante naranja y la otra la versión blanca.

3 Resultado heredado

Es imposible predecir qué espermatozoide se unirá a qué óvulo, pero las proporciones fijas de genes naranja y blanco entre las células sexuales se traducen en que solo una de cada cuatro crías tiene dos variedades blancas juntas y da un cachorro blanco.



Variación uniforme

No todos los rasgos se heredan de manera que aporten las proporciones fijas que vemos en los colores del pelaje del tigre, sino que la mayoría de los rasgos son el resultado de la interacción de diversos genes. Por ejemplo, varios genes que afectan al crecimiento de huesos y músculos influyen sobre la altura de los humanos, lo que da una descendencia intermedia con un patrón de variación uniforme.

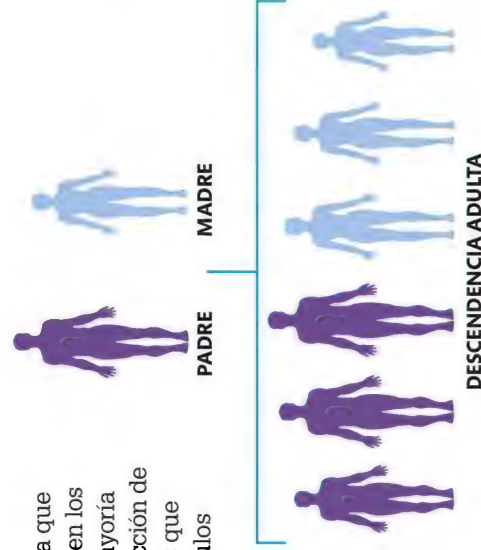
¿Qué altura tendrán tus hijos?

La altura humana se ve influida por varios genes y también por otros factores, como la dieta. En general, los progenitores altos tendrán descendencia más alta, pero es imposible predecir su altura final.



¿SE TRANSMITEN CAMBIOS LOGRADOS EN LA VIDA DE LOS PROGENITORES?

Los llamados efectos epigenéticos se producen cuando los agentes químicos se unen al ADN en la vida de un organismo y cambian la lectura de los genes. En algunos casos esos cambios pueden transmitirse a las crías.



¿Cómo surgió la vida?

Tal vez no sepamos nunca cómo surgió la vida a partir de materia inerte, pero tenemos pistas sobre ello en las rocas que nos rodean y en los organismos de la actualidad, que sugieren que la situación hace miles de millones de años pudo favorecer la creación de moléculas cada vez más complejas hasta llegar a las primeras células.

Ingredientes de la vida

Cuando apareció la vida en la Tierra, el mundo era un lugar inhóspito muy distinto al actual: un paisaje volcánico en una atmósfera de gases tóxicos incapaces de bloquear los abrasadores rayos del Sol. Los experimentos muestran que en estas condiciones, con tanta energía, los agentes químicos simples como el dióxido de carbono, el metano, el agua y el amoníaco podrían combinarse para formar las primeras moléculas orgánicas. Con la condensación de estos materiales en los océanos, lo más probable es que la aparición de la vida no fuera casual, sino inevitable.

CHISPA DE VIDA

En 1952, Stanley Miller y Harold Urey de la Universidad de Chicago demostraron que podían formarse moléculas orgánicas complejas a partir de materiales inorgánicos. Recrearon las condiciones de la Tierra primigenia aportando energía a la mezcla inorgánica en forma de chispa para simular los rayos y formaron aminoácidos simples, las piezas básicas de las proteínas biológicas.

Agua en ebullición, metano, amoníaco e hidrógeno



EXPERIMENTO DE MILLER-UREY

Caldo primigenio

Hace más de 4000 millones de años la corteza terrestre era abrasadora e inestable, estaba bombardeada por asteroides y sufría una constante inestabilidad volcánica. Sin embargo, quedó agua líquida en lugares donde se formaron océanos y mares, y nació la vida.

TIERRA PRIMIGENIA



- 1 La primera atmósfera no contenía oxígeno gaseoso, pero disponía de una mezcla compleja de otros gases. El dióxido de carbono, el amoníaco y otros dieron origen a los elementos principales de la vida: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno.

ENTRADA DE ENERGÍA
(CALOR GEOTÉRMICO Y RAYOS)



- 2 Al cargarse con la energía suficiente, las sustancias inorgánicas reaccionaron juntas para formar algunas de las piezas básicas de la vida, como aminoácidos y azúcares simples. Estas moléculas ligeramente más complejas se denominan «orgánicas» (pp. 50-51), ya que contienen carbono y son capaces de albergar vida.



**LA TIERRA
TIENE 4540
MILLONES**

**DE AÑOS Y LA VIDA
EN ELLA PUEDE
REMONTARSE HASTA
HACE 4280 MILLONES
DE AÑOS**

Vida a partir de la no vida

Las moléculas orgánicas más simples no son capaces de producir células por sí solas. Las pequeñas moléculas orgánicas deben unirse para formar otras mayores, como las proteínas y el ADN. Ante la ausencia de otros organismos, las grandes moléculas debieron de sobrevivir lo suficiente para quedar encapsuladas, por azar, dentro de membranas grasas. Se cree que las chimeneas volcánicas de las profundidades oceánicas, que siguen siendo ricas en minerales capaces de catalizar reacciones químicas, podrían haber actuado a modo de «viveros» donde se formaron las primeras protocélulas.

¿POR QUÉ NO HAY VIDA EN EL RESTO DEL SISTEMA SOLAR?

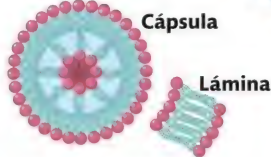
Solo la Tierra tiene las condiciones «perfectas» para la vida (una superficie sólida con océanos de agua líquida); a veces esto se conoce como el efecto Ricitos de Oro.

CÉLULAS



6 Las primeras células contenían un grupo de componentes químicos, replicadores y catalizadores capaces de reacciones químicas interdependientes; fueron así el lugar en el que tuvo lugar el primer «metabolismo» de la vida.

MEMBRANAS



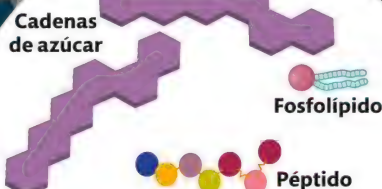
5 Algunas moléculas orgánicas grasas, en especial los fosfolípidos, se unen de manera natural y forman membranas, ya sea en forma de lámina o de cápsula esférica, capaces de atrapar y concentrar los ingredientes de la vida en su interior.

REPLICADORES



4 La vida crea vida porque algunos de sus polímeros pueden replicarse. Actualmente la doble hélice de ADN es el principal replicador, pero puede que la primera replicación usara el ARN, que se replica de manera más simple.

POLÍMEROS ORGÁNICOS



3 Se produjeron moléculas más grandes, como proteínas, ADN y lípidos (grasas), en forma de polímeros. Este proceso de formación de polímeros podría haberse catalizado (acelerado) en aquellos lugares ricos en minerales, como en las profundidades oceánicas.

¿Cómo se evoluciona?

Organismos tan diferentes como árboles, humanos y flores tienen unos genes tan parecidos que hacen inevitable la siguiente conclusión de que la vida se originó en un único antepasado común, punto de inicio de un enorme árbol genealógico. La evolución durante generaciones ha dotado de diversidad a las ramas de ese árbol.

El caso de las tortugas gigantes de las Galápagos

La vida evoluciona de manera especial cuando queda aislada en lugares remotos. El ADN muestra que las tortugas gigantes de las Galápagos son parientes cercanos de las tortugas continentales y que las formas propias de las islas aparecieron en pocos millones de años de una única colonización.

¿PODEMOS VER LA EVOLUCIÓN EN ACCIÓN?

La evolución es lenta, pero la cría en laboratorio de organismos de crecimiento rápido, como las moscas de la fruta, ha dado cepas incapaces de aparearse entre sí y, por lo tanto, deben considerarse nuevas especies.





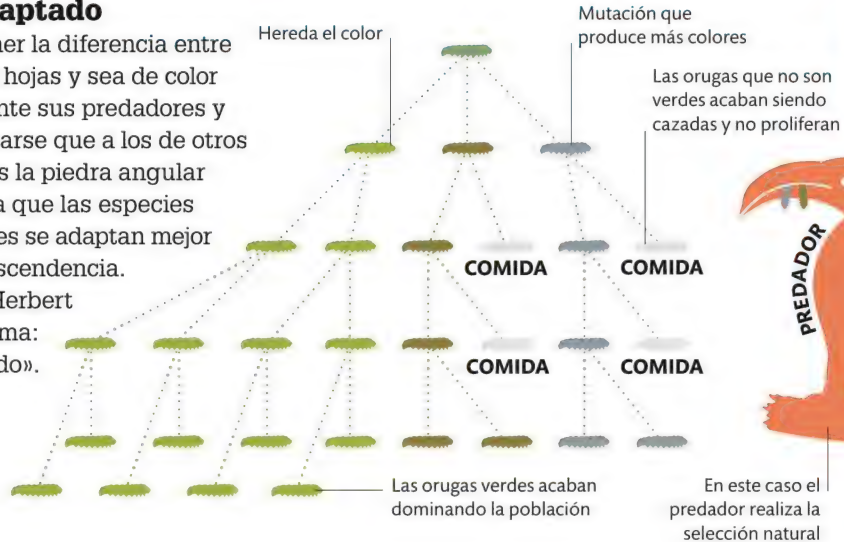
Supervivencia del más adaptado

La variación genética puede suponer la diferencia entre vivir o morir. Un insecto que coma hojas y sea de color verde hoja pasará desapercibido ante sus predadores y le será más fácil sobrevivir y aparearse que a los de otros colores. Esta «selección natural» es la piedra angular de la teoría de Darwin, que explica que las especies evolucionan porque ciertas variantes se adaptan mejor y logran sobrevivir y tener más descendencia.

Esto inspiró al filósofo victoriano Herbert Spencer a pronunciar su famoso lema: «La supervivencia del más adaptado».

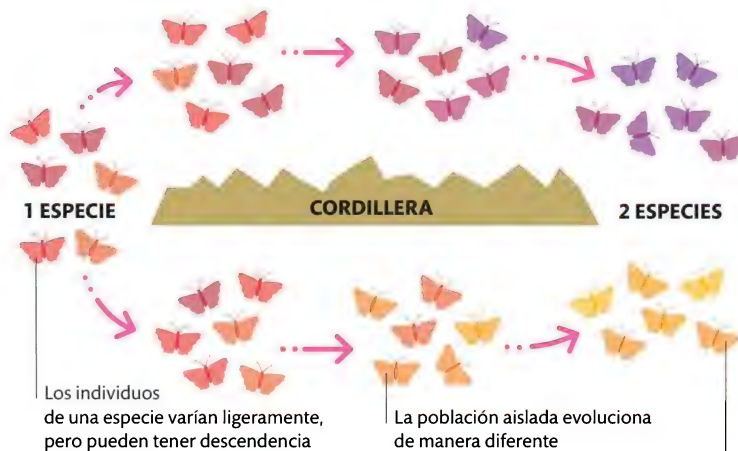
Predadores selectivos

Las orugas verdes se camuflan ante los predadores. Las mutaciones grises y marrones se ocultan peor en el entorno y la selección «reduce» su población.



Nuevas especies a partir de las antiguas

La selección natural sola no hace que las poblaciones se separen hasta ser nuevas especies. Para ello, deben quedar aisladas hasta el punto de no aparearse, ya sea por aislamiento geográfico, como las tortugas de las Galápagos, o por barreras de comportamiento o biológicas, que suelen surgir al separarse las poblaciones. Cualquier cosa que divida la población y dé tiempo a la evolución para generar ese aislamiento reproductor puede hacer aparecer nuevas especies.



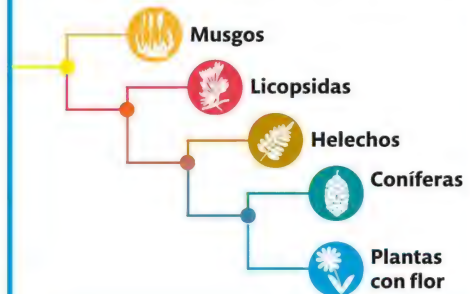
Cómo se pueden formar nuevas especies

La selección natural hará que las mariposas evolucionen de manera diferente en ambos lados de una nueva cordillera. Tras un tiempo suficiente, sus diferencias serán tan importantes que no podrán aparearse.

Las poblaciones son ahora especies nuevas y no pueden aparearse incluso después de volver a unirse.

MACROEVOLUCIÓN

Los pequeños cambios en pocas generaciones se acumulan en millones de años para que las especies distintas puedan dar pie a grupos de organismos completamente nuevos. Esta es la macroevolución (evolución a gran escala); el registro fósil de formas extintas ayuda a demostrar que a partir del mismo antepasado se pueden crear seres vivos tan diferentes como las secuoyas gigantes o los girasoles.



**UN GEN PUEDE MUTAR
MUY RARAMENTE, EN UN
CASO DE CADA MILLÓN**



Las plantas nutren el mundo

SOL

La fotosíntesis que genera los azúcares vitales en las partes verdes de las plantas sostiene prácticamente todas las cadenas tróficas del planeta. Miles de millones de paneles solares microscópicos de las células vegetales emplean la luz del Sol para fabricar alimento con agua y dióxido de carbono.

¿POR QUÉ ES VERDE LA CLOROFILA?

La clorofila absorbe las longitudes de onda roja y azul de la luz, aprovecha la energía de esta luz para la fotosíntesis. La energía de la luz verde no se usa, se refleja y por ello llega a nuestros ojos.

La fotosíntesis convierte la energía luminica de los rayos del Sol en la energía química del azúcar

El proceso químico

Más del 90 % de las moléculas de alimento orgánico contienen los elementos carbono, hidrógeno y oxígeno. Cuando las plantas fabrican alimento, el dióxido de carbono que se absorbe del aire aporta el carbono y el oxígeno; el agua captada del suelo aporta el hidrógeno.

Primero la energía luminica que absorbe la clorofila separa el energético hidrógeno del agua. A continuación este hidrógeno se combina con dióxido de carbono para formar azúcares. El proceso entero se produce en unos gránulos denominados cloroplastos.

El estoma es uno de los muchos poros de la hoja que capta el dióxido de carbono

OXÍGENO LIBERADO

DIÓXIDO DE CARBONO CAPTADO

CÉLULAS DE LA HOJA

Cloroplasto

LA LUZ ENTRA EN EL CLOROPLASTO

Pila de membranas de tilacoides

Producción de alimento

Un cloroplasto funciona gracias a unas pilas de membranas, los tilacoides, suspendidas en un líquido, el estroma. La clorofila se une a los tilacoides; tanto las membranas como el líquido tienen enzimas potenciadoras de reacciones.

Fábricas de fotosíntesis

Los cloroplastos se concentran en las células de las capas superiores de las hojas, lo que es ideal para captar el máximo de luz posible. Cada célula contiene docenas de cloroplastos; cada hoja, miles de millones.

El tallo contiene vasos microscópicos para transportar azúcar

1 La luz del Sol rompe el agua

Cada grupo de tilacoides en forma de disco está recubierto por un cúmulo de moléculas de clorofila y enzimas necesario para extraer el hidrógeno del agua. Así se transfiere la energía de la luz del Sol al hidrógeno de manera eficaz.

Moléculas de agua absorbidas

AGUA

LUZ CAPTURADA

TILOCOIDE EN FORMA DE DISCO

CLOROFILA

SALIDA DE OXÍGENO

SALIDA DE HIDRÓGENO

OXÍGENO

HIDRÓGENO

GLUCOSA

El oxígeno, un producto secundario, se libera al aire a través de estomas (orificios de la hoja)

El hidrógeno se combina con dióxido de carbono para crear glucosa

DISTRIBUCIÓN DE GLUCOSA
ENTRA DIÓXIDO DE CARBONO

2 Fabricación del azúcar

El energético hidrógeno llega al estroma, donde las enzimas añaden el hidrógeno al dióxido de carbono y producen el azúcar, la glucosa.

La glucosa se convierte en un azúcar de dos bloques denominado sacarosa antes de ser transportada por el tallo

Las cadenas de azúcar, como la celulosa, forman estructuras de la planta

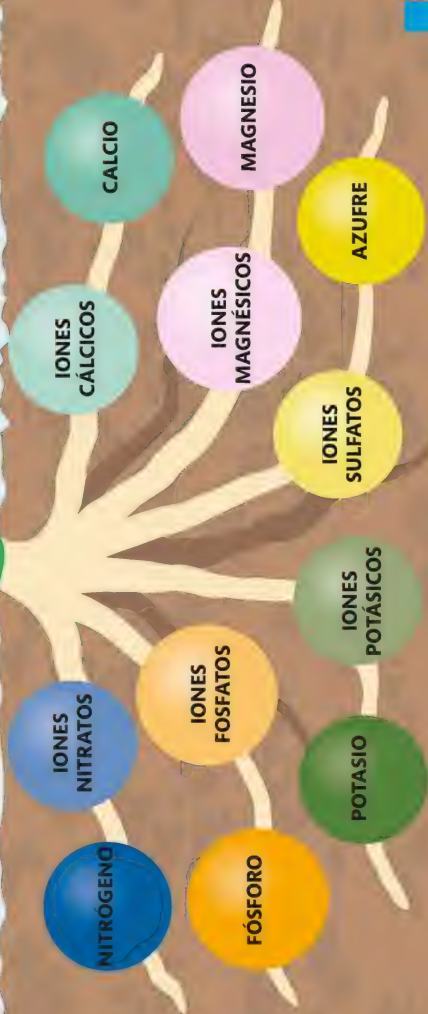
3 Creación de biomasa

Una parte de la glucosa se «quema» para liberar energía (pp. 172-173) y otra parte se usa en procesos metabólicos que crean sustancias como aceites, proteínas y la fibrosa lignina. El resto se convierte en largas cadenas de azúcares, como el almidón (la reserva energética de la planta) y celulosa fibrosa, un material de construcción.

LA ENZIMA DE LAS HOJAS QUE CONVIERTE EL DIÓXIDO DE CARBONO EN ALIMENTO ES LA PROTEÍNA MÁS ABUNDANTE DEL MUNDO

Resto de los alimentos

Además de carbono, hidrógeno y oxígeno, son necesarios otros elementos para que las células sigan vivas y operativas. La planta los consigue absorbiendo minerales del suelo con sus raíces. El nitrógeno, por ejemplo (en forma de nitrato), se usa para producir aminoácidos, las piezas que forman las proteínas. El fósforo participa en la creación del ADN, el material genético de la célula.

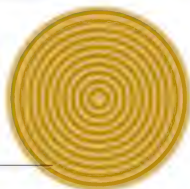


Cómo crecen las plantas

Unas sustancias regulan las vidas de las plantas, controlan todos los aspectos de su crecimiento, desde la germinación de las semillas hasta la floración. Los reguladores del crecimiento se producen en cantidades minúsculas, pero influyen en gran medida sobre la forma final de la planta madura.

ANILLOS DEL ÁRBOL

La velocidad de crecimiento de la planta varía según la temperatura y la precipitación: es muy rápida en verano y casi se detiene en invierno. Esto causa los anillos del tronco del árbol. Incluso en los trópicos, donde apenas existe invierno que frene el crecimiento, los árboles crecen más rápido en la temporada húmeda y producen anillos igual que los de las zonas templadas. Los árboles tropicales, de crecimiento constante, no presentan anillos.



Cada anillo pálido indica el crecimiento rápido de verano; el anillo más antiguo es el del centro

SECCIÓN DE UN TRONCO DE ÁRBOL

Estimular el crecimiento

En cada fase de la vida de una planta, los reguladores del crecimiento garantizan el desarrollo coordinado. Se producen en las células de los brotes, las raíces o las hojas y se distribuyen por los tejidos desde su punto de origen. Se transportan hasta otras partes de la planta por la savia. El resultado depende del equilibrio entre dos o más reguladores. Algunos se contrarrestan, mientras que otros se retroalimentan. Un mismo regulador puede tener efectos opuestos en diferentes partes de la planta.

CLAVE



Agua



Giberelina



Auxina



Citocininas



Florigeno

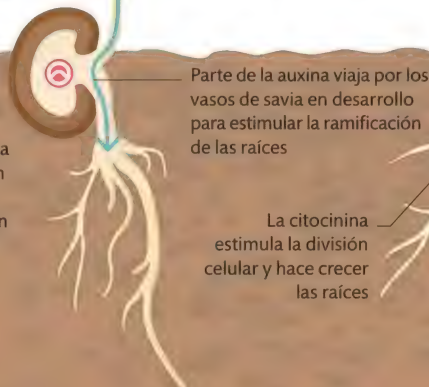
1 La semilla germina

El agua que absorbe la semilla estimula su embrión para que produzca giberelina, un regulador de crecimiento, que a su vez activa una enzima que descompone la reserva de almidón de la semilla en azúcar para tener energía para poder crecer.



2 La auxina hace crecer el brote

La punta del brote produce un regulador, la auxina, que debilita las paredes celulares para que puedan crecer y así el brote pueda subir. Parte de la auxina pasa a las raíces.



3 Brote dominante

La auxina se genera de manera constante en la punta del brote, donde evita que la planta saque brotes laterales y la planta joven conseguirá salir de la sombra de las plantas vecinas. Mientras tanto, el regulador citocinina hace que crezcan las raíces.

Parte de la auxina viaja por los vasos de savia en desarrollo para estimular la ramificación de las raíces

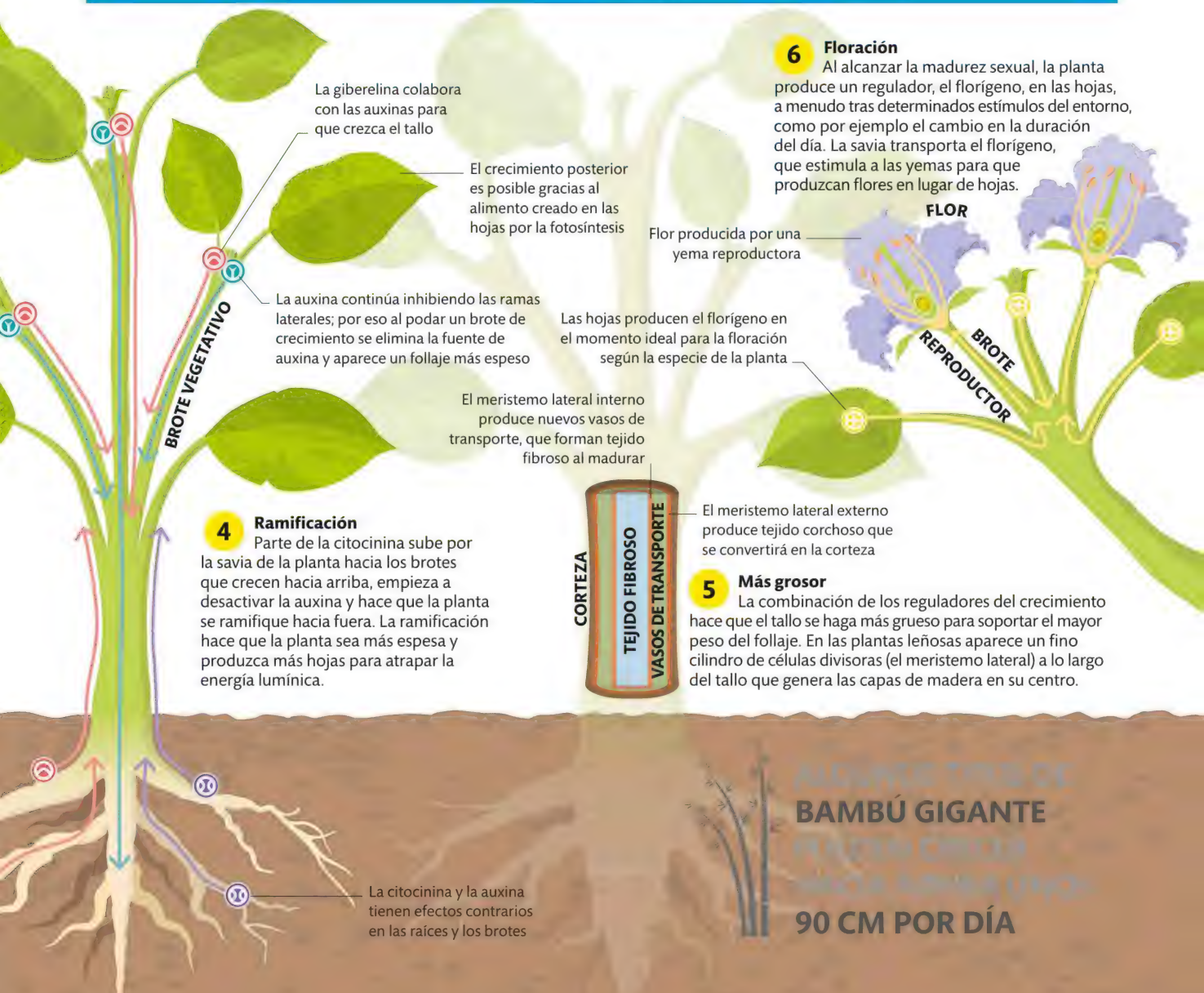
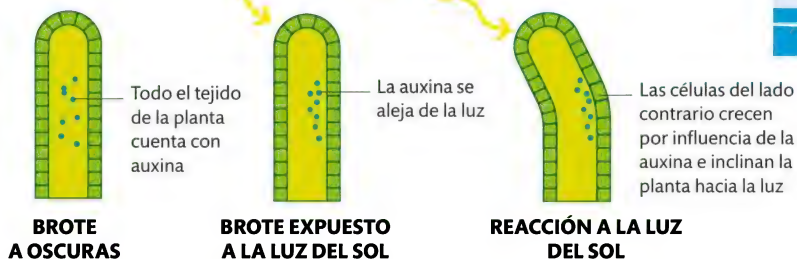
La citocinina estimula la división celular y hace crecer las raíces

La giberelina se produce en las zonas de crecimiento: las raíces y los brotes



Respuesta rápida

La auxina es la responsable de que los brotes de las plantas se dirijan hacia el Sol. Si la luz brilla en una única dirección, la auxina se desplaza al lado sombreado para que las células crezcan más en esa zona. Así el brote se curva y se dirige hacia la luz; las hojas acaban mirando al Sol. Esta acción puede ser tan rápida como para seguir al astro por el cielo.



Respiración

La vida necesita energía para seguir adelante. Se usa en las mismas células, donde la maquinaria microscópica de la vida se esfuerza para procesar alimentos, crear nuevos materiales y responder a los cambios. La respiración celular genera esta energía en una serie de pasos para descomponer el alimento.

El combustible de las células

Prácticamente todas las formas de vida, de los microbios a los robles, obtienen su energía descomponiendo glucosa. La manera más eficaz es dividirla por completo, de manera que los seis átomos de carbono de la glucosa se separen en seis moléculas de dióxido de carbono. No obstante, para hacerlo hace falta oxígeno, igual que para cualquier combustión. Los animales aportan glucosa y oxígeno a las células con su sistema circulatorio. En ellas, se inicia una cadena de reacciones en el plasma celular y acaba en las mitocondrias, las plantas energéticas de la célula. Todo este proceso libera la máxima cantidad posible de energía.

1 Reparto del combustible

Los animales grandes necesitan vasos sanguíneos para cubrir las necesidades de las células: el oxígeno puede llegar de pulmones o branquias y la glucosa de los intestinos. Las plantas y microbios absorben los nutrientes directamente del entorno; las plantas producen la glucosa en las células a través de la fotosíntesis.

Glucosa en el vaso sanguíneo

GLUCOSA

Se puede producir glucosa dividiendo el glucógeno

OXÍGENO

GLUCÓGENO

El glucógeno es un almacenamiento a corto plazo que puede usar la célula como fuente de glucosa

SEIS MOLÉCULAS DE OXÍGENO

Esta etapa de la respiración consume seis moléculas de oxígeno por cada molécula de glucosa

LIBERACIÓN DE ENERGÍA

CÉLULA MUSCULAR

3 El oxígeno libera la potencia de la glucosa

Las moléculas de piruvato llegan a las mitocondrias, donde una serie de reacciones más complejas usan oxígeno para acabar de descomponer y aprovechar el piruvato al máximo.

2 Energía sin oxígeno

Los primeros pasos de la respiración se producen en la célula, donde cada molécula de glucosa se divide en dos moléculas de piruvato. Este paso no consume oxígeno y libera tan solo el 5% de la energía potencial de la glucosa. Esta «respiración anaeróbica» es rápida y sirve para emergencias.

LIBERACIÓN DE ENERGÍA

PIRUVATO

MITOCONDRIA





4

Productos de desecho

Las reacciones mitocondriales liberan dióxido de carbono y agua. Es posible usar parte de esta agua; la sangre se lleva el dióxido de carbono tóxico.

SEIS MOLÉCULAS DE DIÓXIDO DE CARBONO

SEIS MOLÉCULAS DE AGUA

El cuerpo puede usar el agua o expulsarla en forma de sudor u orina

LIBERACIÓN DE ENERGÍA

PIRUVATO

La energía que libera la división del piruvato supone el 95 % de la energía original de la glucosa

¿LAS PLANTAS RESPIRAN CO_2 ?

No. A la luz del sol, las plantas absorben dióxido de carbono para producir azúcar, pero no lo respiran. Las células de las plantas respiran como las de los animales: absorben oxígeno y liberan CO_2 .



LOS MANGLARES CRECEN EN UN BARRO SIN AIRE. SUS RAÍCES CRECEN ARRIBA PARA OBTENER OXÍGENO

¿A qué se destina la energía?

Todos los organismos usan energía para mantener las funciones de las células, el metabolismo basal; además, hace falta más esfuerzo para moverse, crecer y reproducirse. Proporcionalmente, los animales destinan más energía que las plantas a moverse porque la contracción muscular requiere energía. Los animales de sangre caliente son los de mayor demanda energética. El mayor gasto energético se dedica a mantener el calor de la temperatura corporal.

CLAVE

- Metabolismo
- Reproducción
- Generación de calor corporal
- Crecimiento
- Movimiento



Planta

Las plantas usan la energía lumínica para producir alimento con la fotosíntesis, pero sus células deben respirar para liberar energía y para sus procesos vitales.



Serpiente: sangre fría

Como otros animales, la serpiente dedica gran parte de su energía a moverse. No usa energía para calentarse el cuerpo, sino que confía en el Sol para ello.

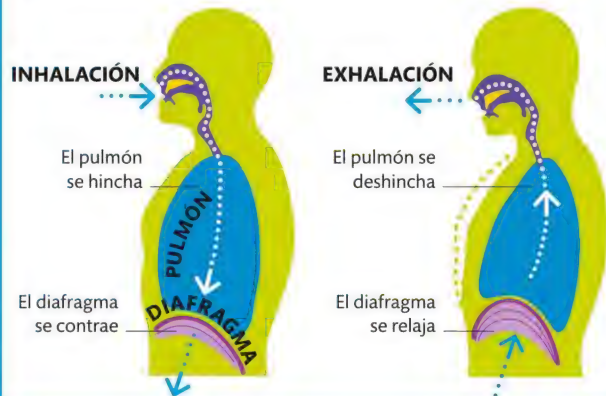


Ratón adulto de sangre caliente

En proporción, los animales pequeños pierden más calor, y dedican la mayor parte de su energía a calentar su cuerpo.

INTERCAMBIO DE GASES

La respiración celular no es lo mismo que la respiración pulmonar. La respiración celular libera energía y se produce en todas las células de los organismos. La respiración pulmonar (o ventilación) es el movimiento de los pulmones. Aporta un flujo constante de oxígeno nuevo a la sangre, además de retirar el dióxido de carbono.



El ciclo del carbono

Los átomos de carbono se desplazan por el aire, los océanos, la tierra y los cuerpos de los seres vivos a través de procesos biológicos y físicos. Las acumulaciones de carbono se conocen como «sumideros de carbono»; este se desplaza entre ellos a distintas velocidades.

Equilibrio natural

Cada año la fotosíntesis concentra carbono en las algas y plantas y pasa el dióxido de carbono (CO_2) del aire a los alimentos. La respiración celular y la combustión natural devuelven el carbono al aire más o menos en partes iguales. Otras transiciones mucho más lentas que duran millones de años desplazan el carbono a través de las rocas. Pero con la quema de combustibles fósiles, la liberación de CO_2 se acelera rápidamente, con la emisión adicional de 8200 millones de toneladas de carbono cada año.

ATMÓSFERA

El CO_2 supone únicamente el 0,04 % de la atmósfera.

653 000 MILLONES DE TONELADAS





Captura del carbono

La combustión humana y la respiración celular liberan 208 200 millones de toneladas de CO_2 en la atmósfera cada año. La fotosíntesis absorbe 204 000 millones de toneladas. Se acumulan, pues, 4200 millones de toneladas. El aumento del CO_2 , un gas de efecto invernadero (p. 245), provoca calentamiento global (pp. 246-247). Gracias a la tecnología, la industria puede capturar el carbono en lugar de liberarlo en la atmósfera.



ACIDIFICACIÓN OCEÁNICA

Cuando sube el nivel de CO_2 en la atmósfera, penetra más CO_2 en el océano, reacciona con el agua y produce así más ácido carbónico. Un aumento del 30% de la acidez oceánica desde 1750 ha tenido consecuencias importantes en la vida marina: ha provocado corrosión en los moluscos y el retroceso del coral.



Envejecimiento

Como todo lo que tiene piezas que se mueven, los seres vivos muestran signos del paso del tiempo. Los seres vivos pueden repararse pero al final los cuerpos acaban funcionando mal.

¿Qué es envejecer?

Puede relacionarse el declive de las funciones biológicas a lo largo del tiempo con la pérdida de propiedades de células, cromosomas y genes. Las células de los seres vivos pluricelulares se dividen de manera constante para crear otras nuevas; en general, empiezan a deteriorarse tras 50 divisiones, y por ello baja la producción de nuevas células, hasta que se acaba. Esto se asocia a que la composición genética cada vez es más inestable, lo que termina por hacer que las células (y por lo tanto el cuerpo) no funcionen bien. Los efectos se vinculan a muchos fenómenos degenerativos, desde una recuperación lenta tras una lesión hasta la demencia.

CÉLULA DE UN ORGANISMO JOVEN

NÚCLEO

CROMOSOMA

Telómeros largos al principio de la vida

Cromosomas jóvenes

Cuando las células se dividen, se replica el ADN para copiar la información genética. Los telómeros, unos apartados que no codifican, protegen los extremos de los cromosomas. Los cromosomas de los organismos jóvenes tienen telómeros largos.

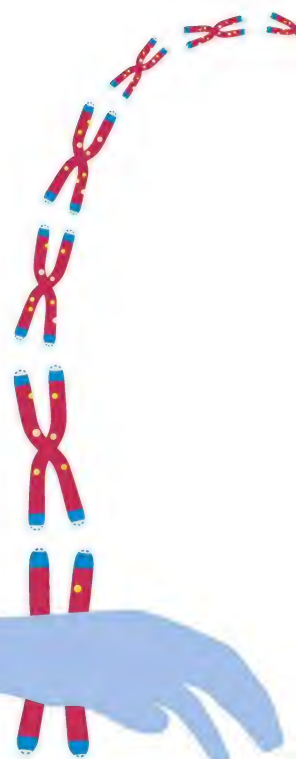
Empiezan a aparecer mutaciones

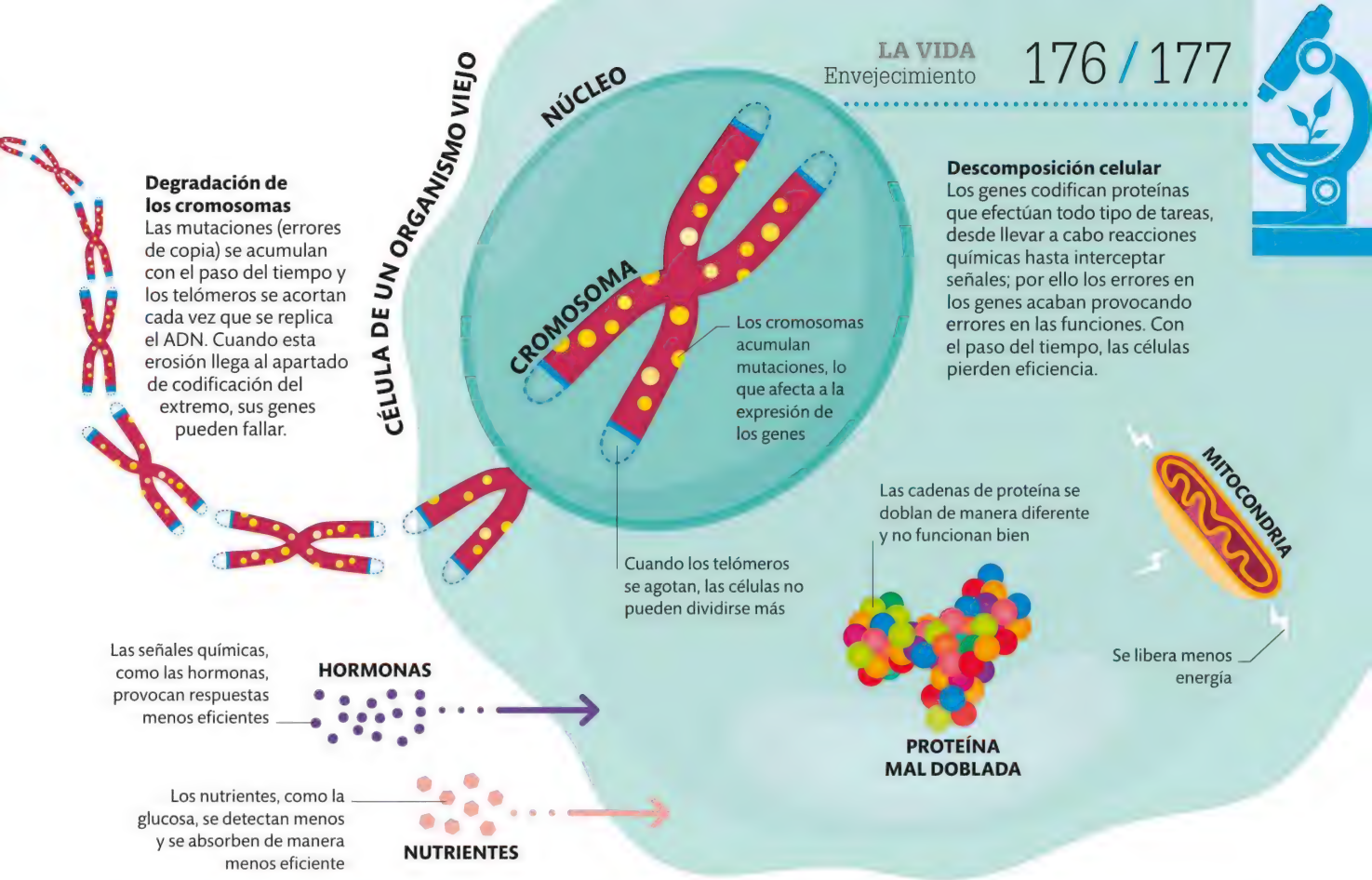
Los telómeros cada vez son más cortos

CREMAS ANTIARRUGAS

Las arrugas aparecen en la piel por la pérdida de fibras de proteína. Las cremas antiarrugas contienen antioxidantes y elementos que aumentan la producción de estas fibras, lo que hace que la piel quede más firme.

UNO DE LOS SERES VIVOS
MÁS LONGEVOS ES UN
PINO CUYA EDAD SE CALCULA
EN MÁS DE 5000 AÑOS





RETRASAR SUS EFECTOS

Hay fármacos experimentales que contrarrestan o reparan daños en el ADN y, en un futuro, se podría usar terapia genética (pp. 182-183) para reiniciar las células viejas. La mejor forma de reducir el riesgo de los trastornos degenerativos típicos de la edad avanzada sigue siendo un mejor estilo de vida: hacer ejercicio habitualmente y llevar una buena dieta. Así también se alarga la esperanza de vida.



Fármacos



Terapia genética



Dieta



Ejercicio

¿Es posible vivir eternamente?

A nivel celular, el ADN autorreplicante es inmortal: transmite su información genética una vez tras otra a la siguiente generación en espermatozoides y óvulos. Lo que es debatible es si algún organismo es capaz de vencer el envejecimiento. Algunos cnidarios, animales simples que incluyen anémonas y medusas, no muestran signos aparentes de deterioro con el paso del tiempo. Una especie, la *Turritopsis*, que se conoce como la medusa inmortal, puede incluso rejuvenecerse sola.

ETAPA ADULTA

REGRESIÓN

NUOVA FORMA JUVENIL

SE ESTABLECE EN EL LEO MARINO

Genomas

Las moléculas de ADN contienen la información genética de cada ser vivo, cuyo conjunto completo se denomina **genoma**. Analizando el **genoma** en el laboratorio podemos detectar genes concretos, entender cómo funcionan e incluso producir una «**huella genética**» exclusiva de cada individuo.

Cómo se organiza el ADN

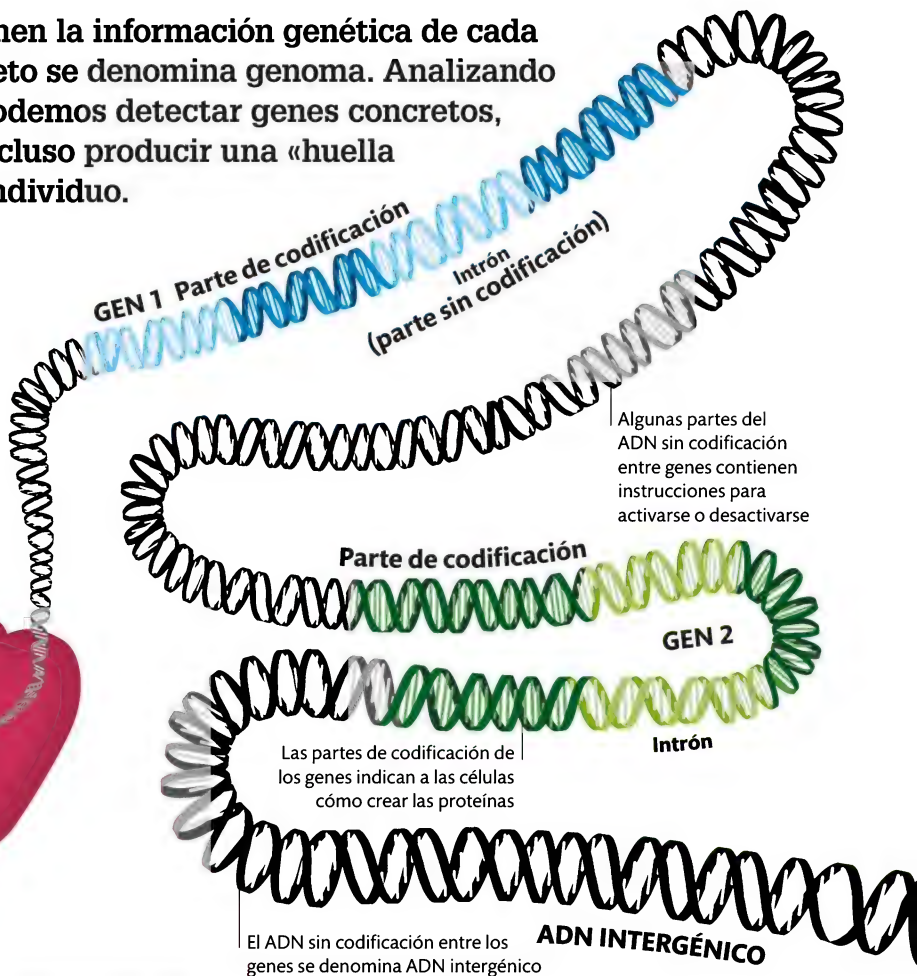
El ADN se compone de genes, que guardan información para crear proteínas (pp. 158-159). Las moléculas de ADN de las bacterias flotan libres por el citoplasma de la célula, pero los organismos con células más complejas, como las plantas y los animales, tienen cadenas de ADN muy largas, todas ellas dentro del núcleo. Durante la división celular se enrollan aún más hasta formar un **cromosoma** y así evitar que se enmarañen.

Un cromosoma se compone de cadenas de ADN muy comprimidas

Los pares de cromosomas contienen los mismos tipos de genes

Genoma humano

El genoma humano completo se compone de 23 pares de cromosomas.



ADN basura

Los genes suelen estar separados por fragmentos de ADN que no codifican proteínas. Parte de este ADN sin codificación controla la activación o desactivación de los genes para que las células se especialicen en diferentes tareas. El ADN de animales y plantas también contiene secuencias sin codificación en el interior de los genes. Estas porciones, denominadas **intrones**, se eliminan del mensaje antes de crear la proteína. Ayudan a editar diferentes porciones de codificación de un gen para que pueda realizar varias proteínas. Sin embargo, hay tramos de ADN entre genes o en su interior sin un objetivo claro; es lo que suele conocerse como «**ADN basura**» y puede haber perdido sus funciones durante el transcurso de la evolución.



Huella genética

La secuencia de bases químicas del ADN de cada individuo (pp. 158-159) es exclusiva, salvo en los gemelos, lo que convierte el ADN en una buena herramienta para la comparación cruzada de muestras de sangre, saliva, semen u otro material biológico. La huella genética compara apartados repetitivos del ADN denominados repeticiones en tándem, cuya longitud es diferente en cada individuo.

La huella genética coincide con la huella genética del sospechoso 3

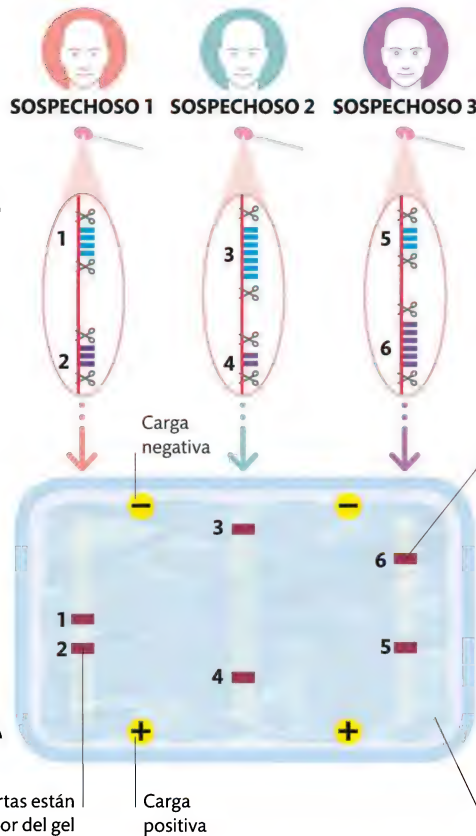
4 Coincidencia

Si la huella genética del arma coincide con la de algún sospechoso, es posible identificar al culpable.

ARMA
DEL CRIMEN

HUELLA GENÉTICA
EN EL ARMA

Las repeticiones más cortas están en el extremo inferior del gel



1 Recogida de muestras

Se recogen muestras de ADN del arma del crimen y de los sospechosos, normalmente de la boca. El ADN se copia una vez tras otra para disponer de una gran cantidad para analizar.

2 Fragmentación del ADN

El ADN se divide en fragmentos que escinden específicamente las repeticiones en tándem para obtener una mezcla de fragmentos de varios tamaños, según su longitud.

Las repeticiones más largas aparecen en el extremo superior del gel

3 Separación de fragmentos

Se aplica una carga eléctrica a un bloque de gel que separa el ADN con carga negativa. Los fragmentos pequeños se desplazan más rápido hacia el polo positivo y, por lo tanto, cubren una mayor distancia. Cada grupo de fragmentos se tinte para obtener un patrón de franjas exclusivo para cada individuo.

Las cadenas de ADN se desplazan bien por el gel



GEN 3

Como en el resto de los genes, solo una pequeña parte del gen 3 codifica proteínas.

El intrón del gen puede controlar la activación o desactivación del gen, o contener el inútil ADN «basura»

SI SE DESENNOLLARA
EL ADN DE UNA CÉLULA
HUMANA, TENDRÍA UNA
LONGITUD DE MÁS DE 2 M



EL PROYECTO GENOMA HUMANO

En 2003 se completó el Proyecto Genoma Humano, una colaboración internacional entre investigadores que había empezado en 1990 con el objetivo de documentar la secuencia de 3000 millones de piezas, o bases, que conforman el ADN humano. Aunque la secuencia concreta es distinta en cada persona, el proyecto publicó una secuencia promedio obtenida a partir de diversos donantes anónimos que supuso un gran paso para entender mejor los genes humanos en general.

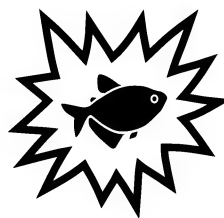


Ingeniería genética

La información genética está tan vinculada a la identidad de cada ser vivo que parece una fantasía que podamos llegar a manipularla. Aun así, la ciencia puede alterar esta información para cambiar características y obtener beneficios médicos y en otros campos.

Reescribir los datos genéticos

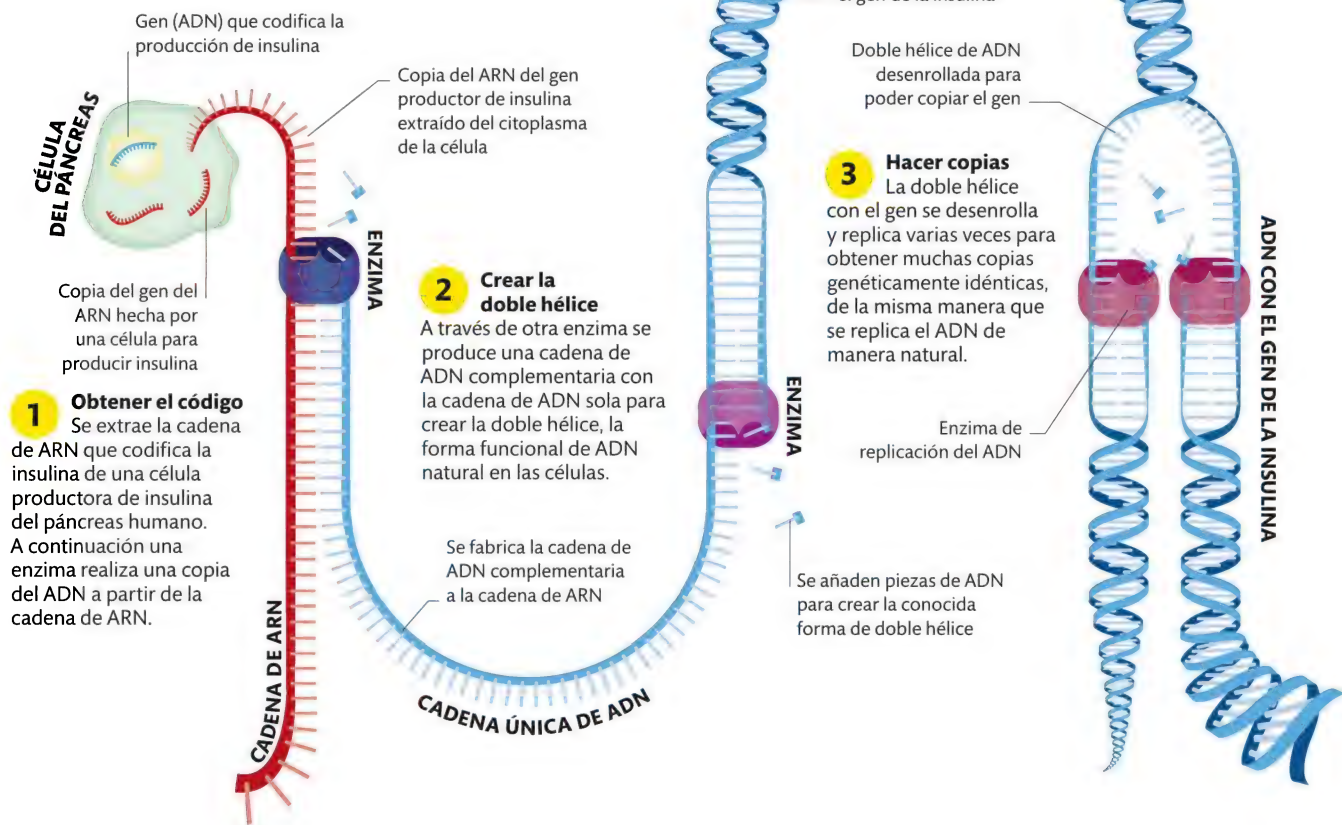
Con la ingeniería genética se modifica la composición genética de un ser vivo añadiendo, retirando o alterando genes. Como los genes son fragmentos de ADN que codifican proteínas (p. 158), al alterarse de una manera concreta se cambian sus propiedades para fabricar proteínas, lo que puede modificar las características del organismo. Es posible recortar genes de los cromosomas (p. 178) o copiarlos de otro material genético, el ARN (pp. 158-159). Un catalizador químico, o enzima, es el responsable de cada paso.



SE VENDEN COMO
MASCOTAS PECES
MODIFICADOS
GENÉTICAMENTE
QUE **BRILLAN EN**
LA OSCURIDAD

Producir insulina

El código genético para producir insulina de las células humanas se puede extraer e introducirlo en bacterias, que después servirán como fábricas vivientes de insulina para tratar a diabéticos. El código se obtiene a través de las copias del ARN de la célula, más fácil de extraer que el ADN; también se edita para eliminar las partes sin codificación (p. 179).





¿Por qué cambiar genes?

La ingeniería genética puede ser muy útil. Además de diseñar microbios para que produzcan en masa proteínas importantes para la medicina, se pueden dar rasgos concretos a plantas y animales; la terapia genética tiene la capacidad de tratar trastornos genéticos.

EJEMPLOS DE INGENIERÍA GENÉTICA



Productos médicos

Al contrario que las proteínas de origen animal, las de microbios genéticamente modificados se pueden producir en masa.



Plantas y animales modificados genéticamente (MG)

Se pueden modificar para mejorar su valor nutricional o aumentar la resistencia a sequías, enfermedades o plagas.



Terapia genética (pp. 182-183).

Se puede hacer que células con trastornos genéticos vuelvan a actuar de manera normal tras introducir el gen adecuado.

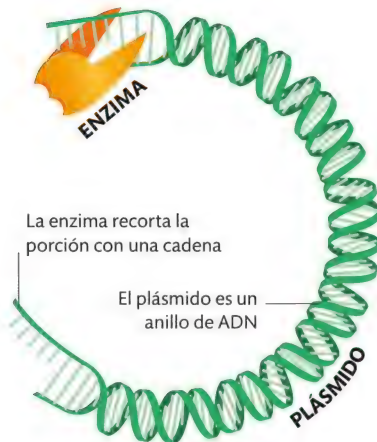
¿CÓMO LOS CONTROLAMOS?

La introducción de plantas con genes ajenos preocupa porque podrían proliferar sin control y convertirse en «superhierbas» en estado salvaje. Los cultivos de plantas MG incluso podrían polinizar accidentalmente plantas silvestres que, a su vez, podrían convertirse en malas hierbas perniciosas. El «traspaso genético» entre plantas MG y no MG se ha documentado, pero los científicos no se ponen de acuerdo sobre su posible impacto ambiental.



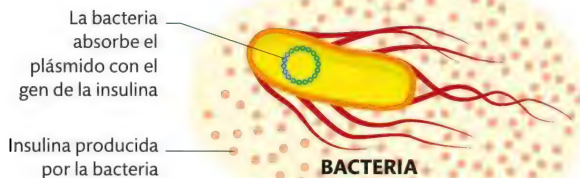
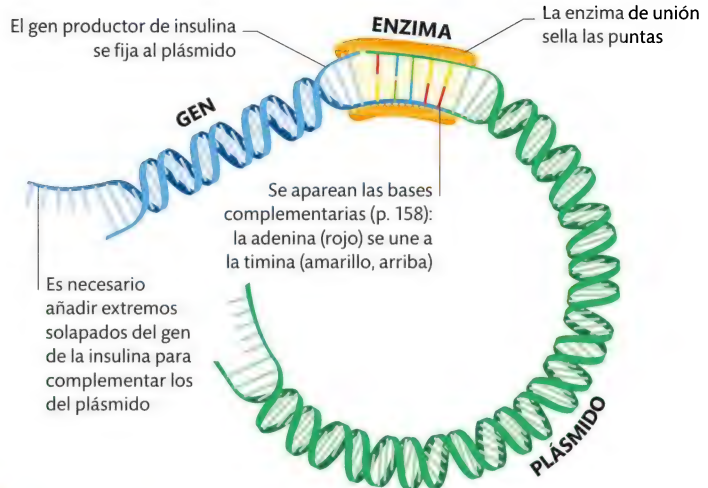
4 Preparación de la unión

Los anillos de ADN denominados plásmidos (que aparecen de manera natural dentro de las bacterias) se abren con una enzima específica y dejan fragmentos de una única cadena colgando en los extremos cortados, con una secuencia específica de bases.



5 Inserción del gen

Se añaden puntas de una única cadena al ADN del gen. Los flecos se complementan con los del plásmido y, por lo tanto, las cadenas se combinan al momento. Otra enzima sella la conexión para que se creen plásmidos con el gen de la insulina.



6 Producción de insulina

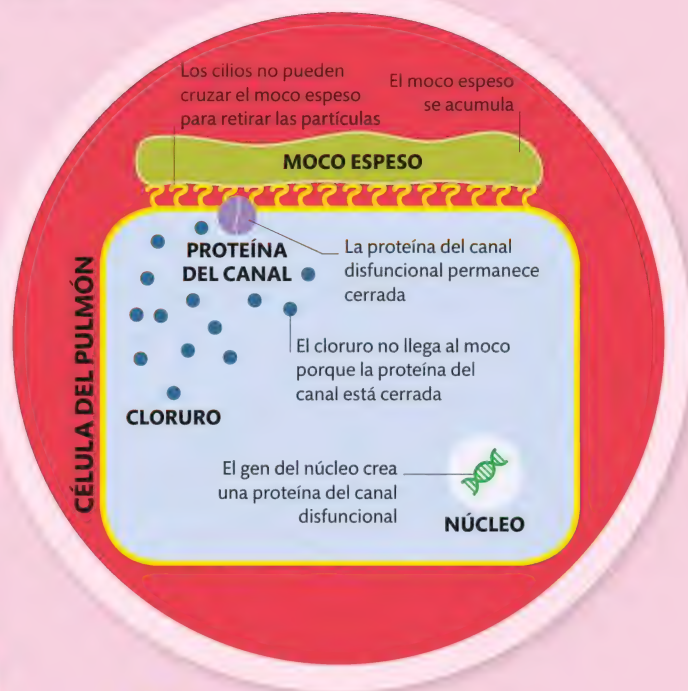
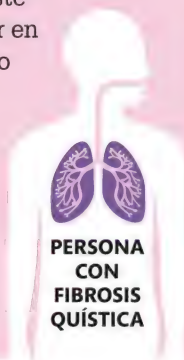
Las bacterias absorben los plásmidos modificados genéticamente con el gen de la insulina. Los plásmidos se replican cuando se reproducen las bacterias, que producen insulina. Esta se puede separar del cultivo y purificar.

Terapia genética

Determinados tipos de enfermedades requieren un tratamiento especialmente sofisticado, con el ADN como medicina. La terapia genética aporta a las células una información genética que cambia su conducta para curar una enfermedad.

Cómo funciona la terapia genética

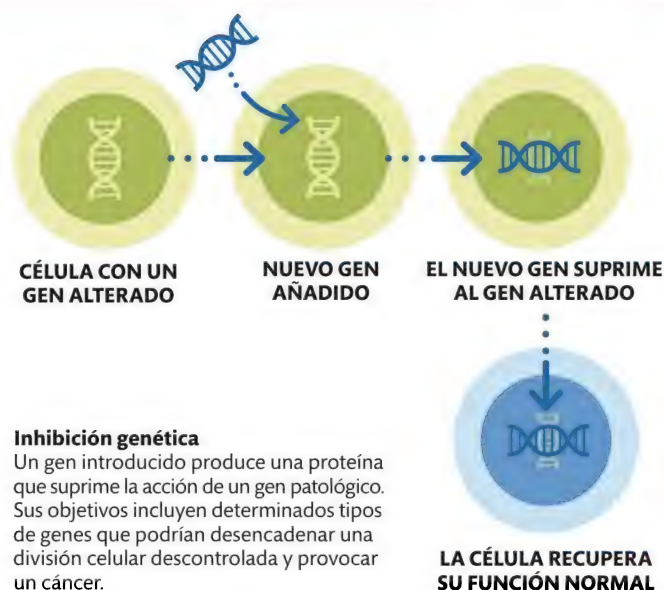
Los genes son secciones del ADN que indican a las células cómo crear determinados tipos de proteínas. Introduciendo un gen en una célula, la terapia genética puede corregir errores en el ADN que hacen que no se produzcan las proteínas adecuadas o activar una nueva tarea que contrarreste una enfermedad. Esta técnica es mejor en enfermedades provocadas por un único gen (como la fibrosis quística) que en las causadas por la combinación de varios genes. Se introduce el gen curativo en la célula, dentro de una partícula denominada vector, que puede ser un virus desactivado o una gotita grasa conocida como liposoma.



1

Fibrosis quística

Los afectados de fibrosis quística tienen problemas en las células pulmonares: sus genes disfuncionales codifican proteínas de canal cerradas, por lo que el moco que recubre las vías respiratorias es demasiado espeso y dificulta la respiración.

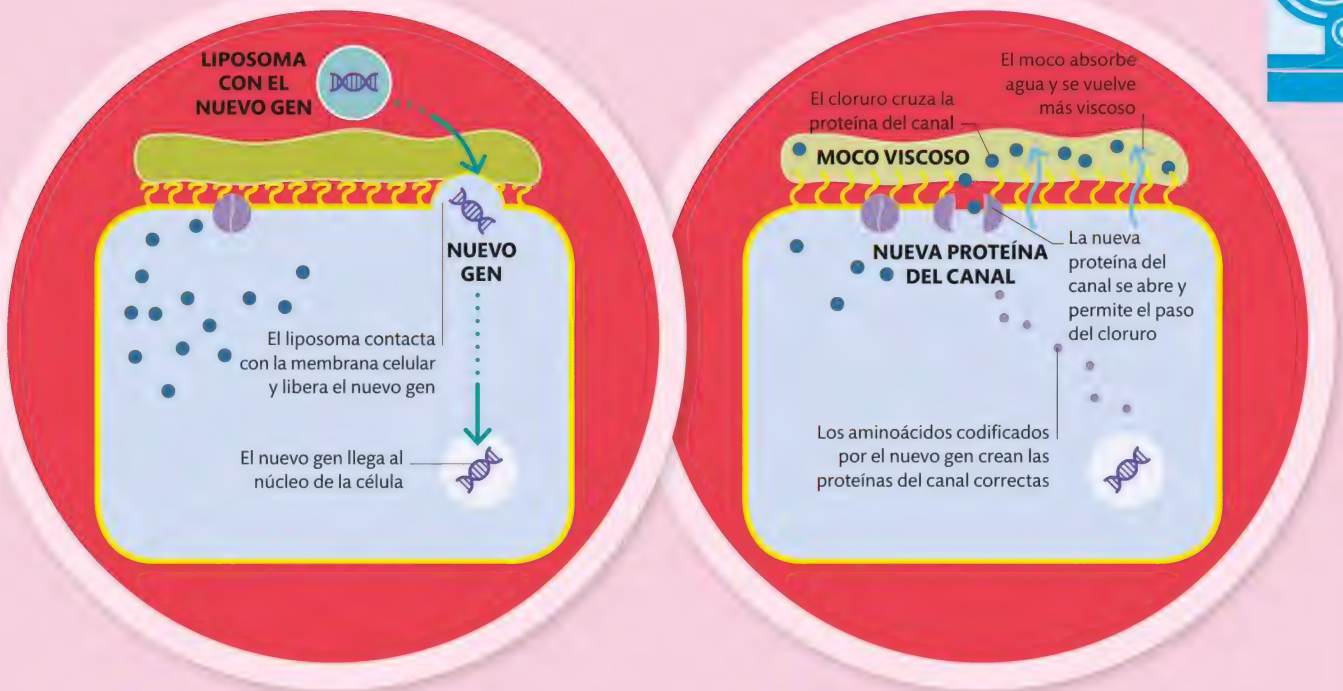


LA TERAPIA GENÉTICA INTENTA TRATAR CIERTOS TIPOS DE CÁNCER



¿LA TERAPIA GENÉTICA ES UNA CURA PERMANENTE?

Las células tratadas se multiplican, pero acaban muriendo y siendo sustituidas por células enfermas; por ello, las terapias actuales duran poco y son necesarios varios tratamientos.



2 Se añade el gen

Un inhalador introduce los liposomas en el cuerpo. Estos contienen los genes adecuados de la proteína del canal y llegan a través de las vías respiratorias a las células que las recubren, donde se combinan con el ADN del núcleo de la célula.

3 El gen restablece la función

Los nuevos genes indican a las células cómo producir las proteínas del canal adecuadas, para que el cloruro pueda llegar al moco. El moco, más salado, absorbe el agua de las células y se hace más viscoso, lo que facilita la respiración.

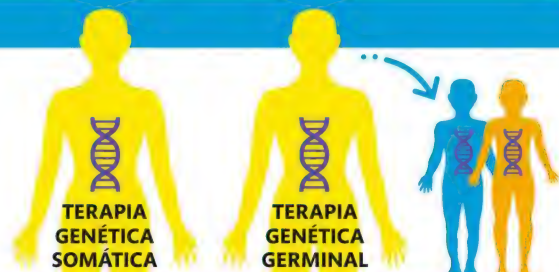
Matar células concretas

Los genes suicidas que atacan específicamente células enfermas hacen que estas células se autodestruyan, o las marcan como enemigos para que el sistema inmunitario las ataque.



¿SE HEREDAN LOS NUEVOS GENES?

La terapia genética convencional, o terapia genética somática, introduce genes en células del cuerpo que no participan en la producción de óvulos o espermatozoides. Cuando estas células se multiplican, los genes replicados permanecen en los tejidos afectados y no se transmiten a los descendientes. La terapia genética germinal, considerada no ética por muchos, añadiría genes a óvulos o espermatozoides para heredar sus genes.



Células madre

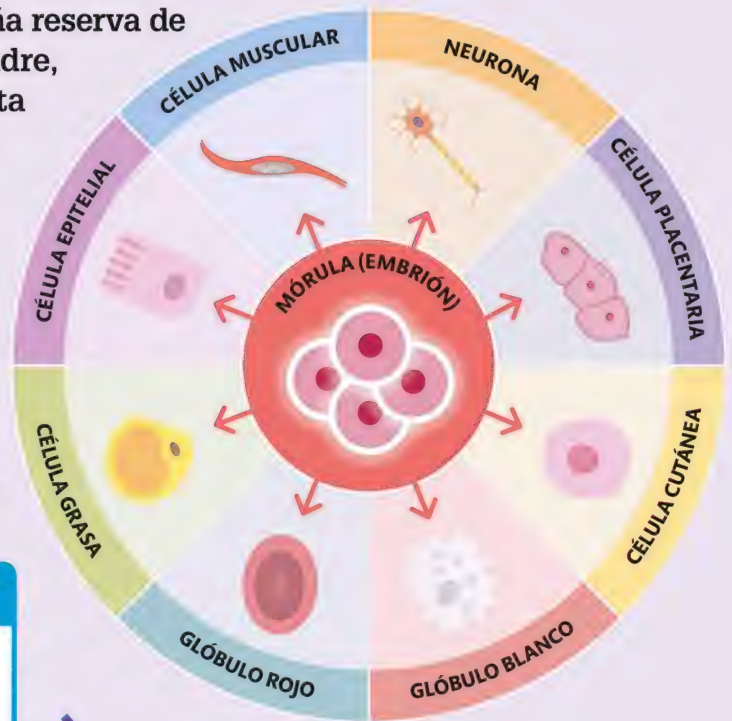
El cuerpo de los animales se compone de células especializadas en tareas como el transporte de oxígeno o la transmisión de impulsos nerviosos. Solo una pequeña reserva de células no especializadas, o células madre, conservan la capacidad de dar pie a esta diversidad, un potencial aprovechable para curar enfermedades.

Tipos de célula madre

No es de extrañar que las células de los embriones sean las que tienen el mayor potencial para formar diferentes tejidos: una bolita de células embrionarias se convertirá en un cuerpo con todas sus partes. Sin embargo, cuando se diferencian, sus células pierden la versatilidad, pues se dedican solo a sus tareas especializadas. Solo algunas partes del cuerpo, como la médula ósea, conservan las células madre, aunque con una capacidad limitada para diversificarse.

ÉTICA Y CÉLULAS MADRE

Las células madre embrionarias tienen gran potencial para usos terapéuticos, pero muchos no consideran aceptable éticamente el uso de embriones humanos. Obtener células madre de embriones es ilegal en algunos países. Las células madre adultas, como las de la médula ósea o el cordón umbilical, están libres de polémica, pero su potencial es limitado y no son tan útiles para encontrar tratamientos de trastornos como la diabetes y el Parkinson.

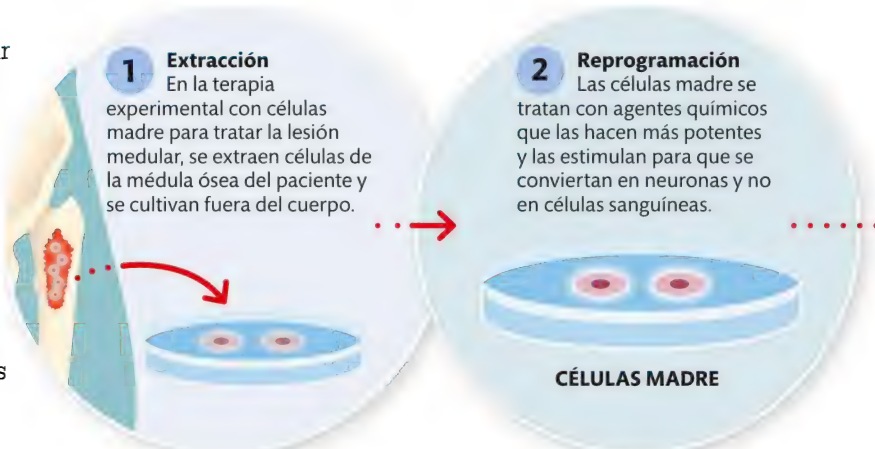


Primeras células madre del embrión

Cuando todavía es una bola maciza, conocida como mórula, las células del embrión primigenio tienen el mayor potencial de desarrollo. Cada una de estas células madre «totipotentes» tiene la capacidad de formar cualquier parte del embrión; en la mayoría de los mamíferos incluyen las membranas que acabarán formando la placenta.

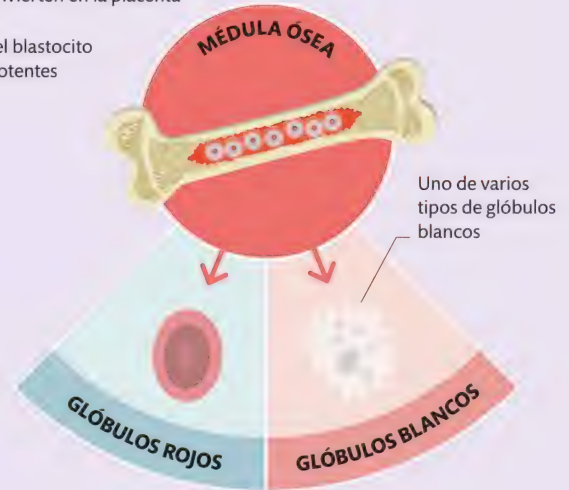
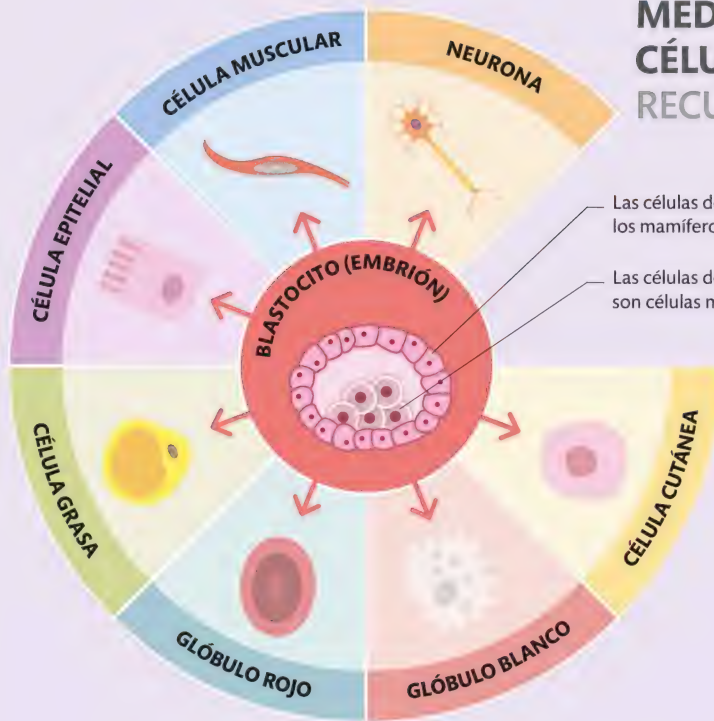
Terapia con células madre

Las células madre pueden ayudar a crear tejidos sanos para tratar enfermedades. Los trasplantes de médula ósea, por ejemplo, dependen de la capacidad de formación de células sanguíneas de las células madre adultas para tratar trastornos como la leucemia. La terapia con células madre también podría reparar las células productoras de insulina en los diabéticos. Los ensayos, normalmente con animales, usan células madre de embriones o células adultas tratadas para aumentar su potencial.





EN UN ENSAYO, EL 50% DE LOS PACIENTES CON LESIÓN MEDULAR TRATADOS CON CÉLULAS MADRE SE RECUPERARON EN PARTE



Células madre del embrión primigenio

Cuando el embrión llega a la siguiente etapa, una esfera de células hueca denominada blastocito, se ha alcanzado el primer paso de la especialización. En la mayoría de los mamíferos la capa de células exteriores forman la placenta. Solo la masa de células del interior, con células madre «pluripotentes», formarán las partes del cuerpo del embrión.

Células madre adultas

El cuerpo adulto conserva algunas células madre, que solo pueden convertirse en un abanico limitado de tipos de células; se consideran «multipotentes». Por ejemplo, la mayoría de los huesos del cuerpo contienen células madre multipotentes en la médula ósea que pueden diferenciarse en diversos tipos de células sanguíneas.

3 Diferenciación

Las células madre se convierten en neuronas: desarrollan largas fibras que transmiten impulsos nerviosos eléctricos.



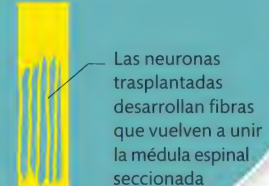
4 Inyección

Se inyectan las células en el líquido alrededor de la parte lesionada de la médula espinal, compuesta por neuronas.



5 Reparación

En algunos pacientes, las neuronas crecen y reparan la lesión de la médula espinal, con el objetivo de revertir la parálisis.



Clonación

Los clones son organismos genéticamente idénticos. La tecnología puede manipular la clonación, lo que tiene implicaciones más allá de la propia medicina.

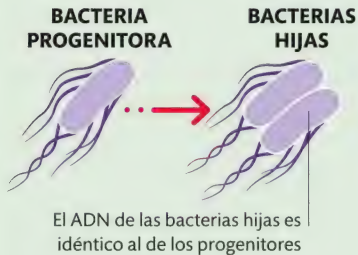
Cómo funciona la clonación

La clonación se basa en el ADN autorreplicante que dirige la división de las células y multiplica cualquier ser vivo que se pueda reproducir de manera asexual. Las técnicas de laboratorio van más allá y manipulan ciertos tipos de células y tejidos no especializados para producir clones que no aparecerían de forma natural.

¿LOS GEMELOS SON CLONES?

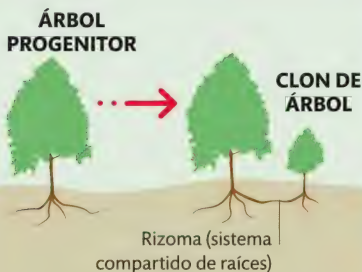
Así es: los gemelos son clones, pues surgen cuando un único óvulo fecundado se divide en dos células en el útero, que acabarán desarrollando embriones genéticamente idénticos.

CLONACIÓN NATURAL



Reproducción asexual en microbios

Los microbios, como las bacterias, se reproducen de manera asexual, clonándose. El ADN se replica justo antes de la división celular. Cada célula contendrá una copia idéntica del ADN.



Reproducción asexual en plantas

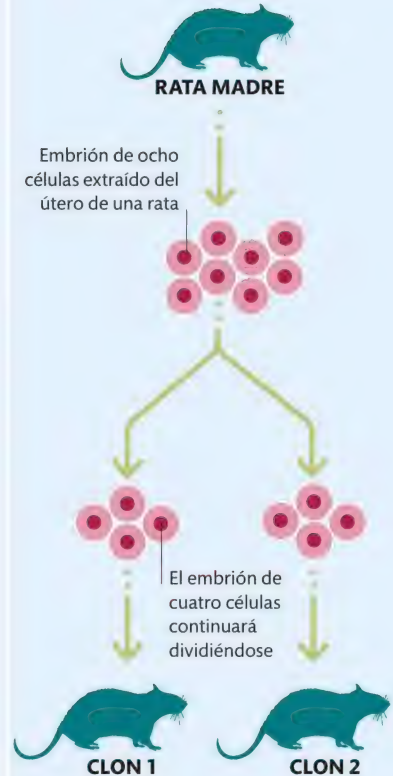
Los sistemas subterráneos de raíces conocidos como rizomas contienen el tejido necesario para que broten nuevos árboles genéticamente idénticos a las plantas progenitoras. Los álamos producen unas de las mayores extensiones de clones del planeta.

CLONACIÓN ARTIFICIAL



Cultivo de tejido

Algunas partes de las plantas se convierten en plantas nuevas si reciben reguladores del crecimiento. Las diminutas plantas brotan en una gelatina estéril y rica en nutrientes antes de plantarse en el suelo.



Fragmentación embrionaria

Las primeras técnicas de clonación de animales con éxito se hacían dividiendo embriones. Si se realiza en una etapa temprana, las células no especializadas del embrión conservan la capacidad de poder formar todas las partes del cuerpo.

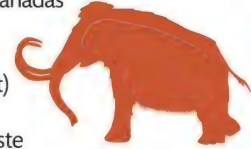


UNA CABRA MONTÉS FUE EL PRIMER ANIMAL QUE SE RESUCITÓ TRAS SU EXTINCIÓN, PERO MURIÓ AL CABO DE 7 MINUTOS

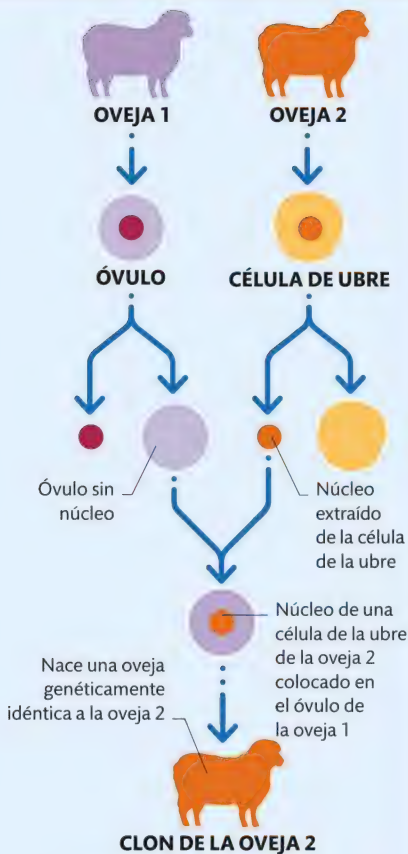


¿RESUCITAR ESPECIES EXTINTAS?

Las muestras conservadas ofrecen la atractiva posibilidad de resucitar especies extintas. Sin embargo, el ADN se degrada con el tiempo: el ADN viejo no posee las instrucciones vitales para crear un embrión viable. Los científicos tienen secuencias de ADN de tejidos congelados de mamut especialmente intactos, pero están demasiado dañadas e incompletas para clonarse. Los científicos planean unir genes de mamut y de elefante asiático (el pariente vivo más cercano al mamut) para crear un embrión híbrido que se podría desarrollar en un útero artificial. No obstante, este experimento no está libre de controversia ética.



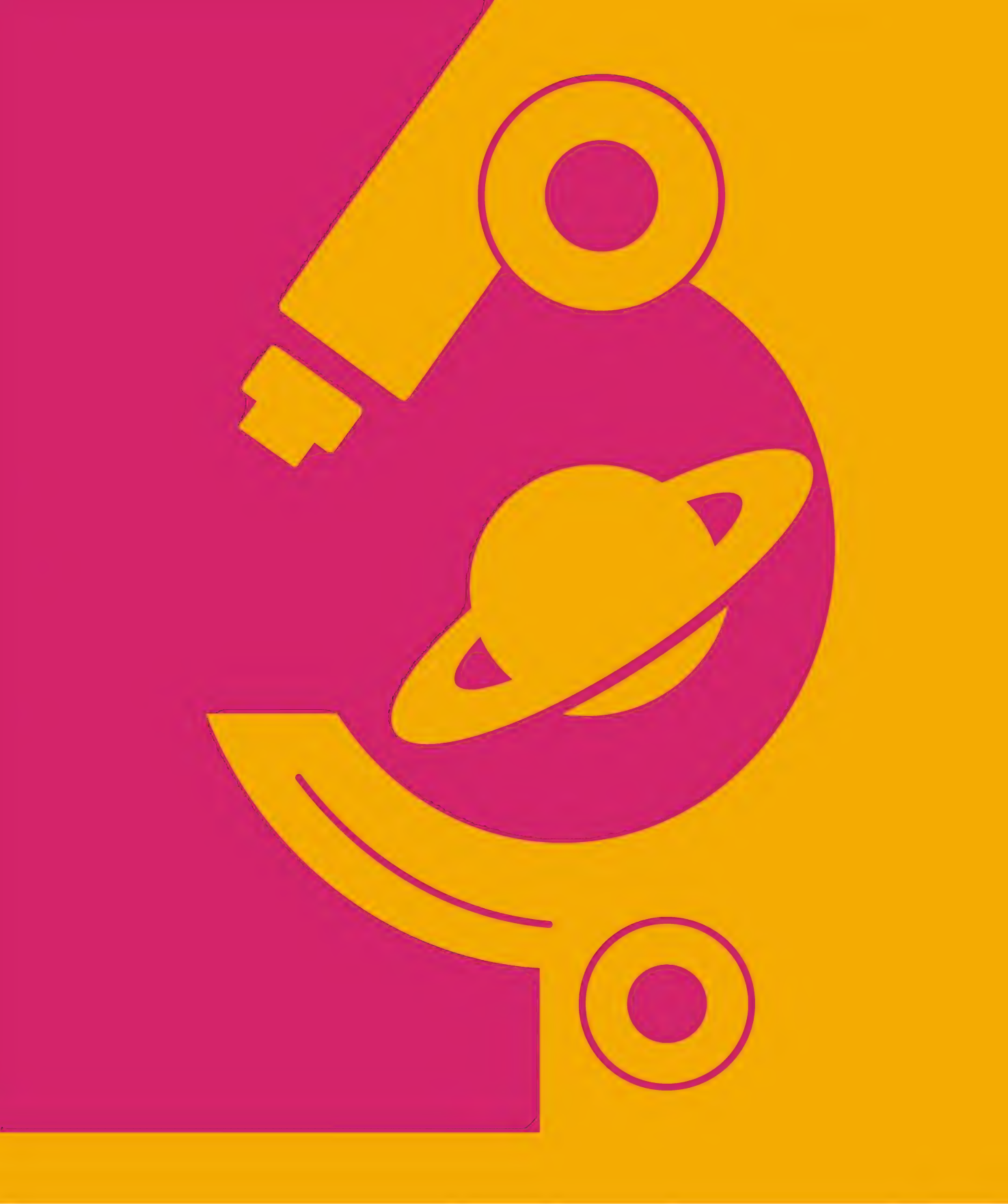
MAMUT LANUDO



Transferencia nuclear

Pueden producirse clones con tejido somático (del cuerpo). Se retira el núcleo de un óvulo y se reprograma con el de una célula del cuerpo del donante con potencial para producir un clon. La oveja Dolly se clonó con esta técnica.





EL ESPACIO

Estrellas

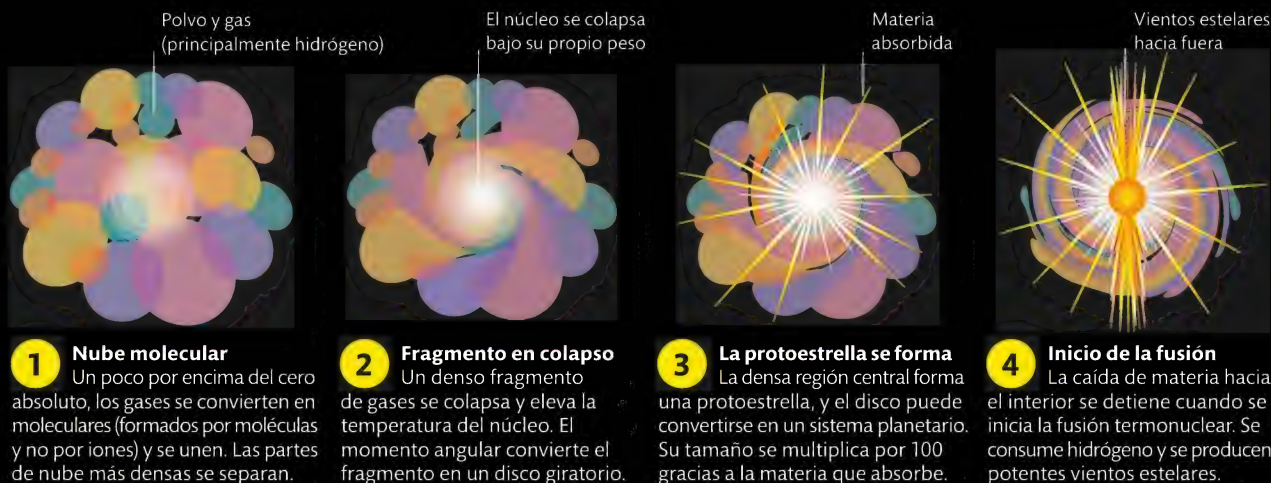
Una estrella es una gran bola de gas brillante que cobra vida cuando las reacciones nucleares encienden su núcleo. Las estrellas más grandes brillan más pero se apagan antes que las pequeñas, que consumen lentamente su combustible. La masa de la estrella también determina la naturaleza de su muerte.

Nace una estrella

Las estrellas se forman en gélidas nubes de polvo y gas interestelar conocidas como nebulosas. Las agrupaciones de gas se fragmentan y, si llegan a la densidad adecuada, se colapsan bajo su propia gravedad y liberan calor. Si producen el calor suficiente para iniciar la fusión termonuclear (p. 193), nace una estrella. Este proceso puede tardar varios millones de años.

¿CUÁNTO VIVEN LAS ESTRELLAS?

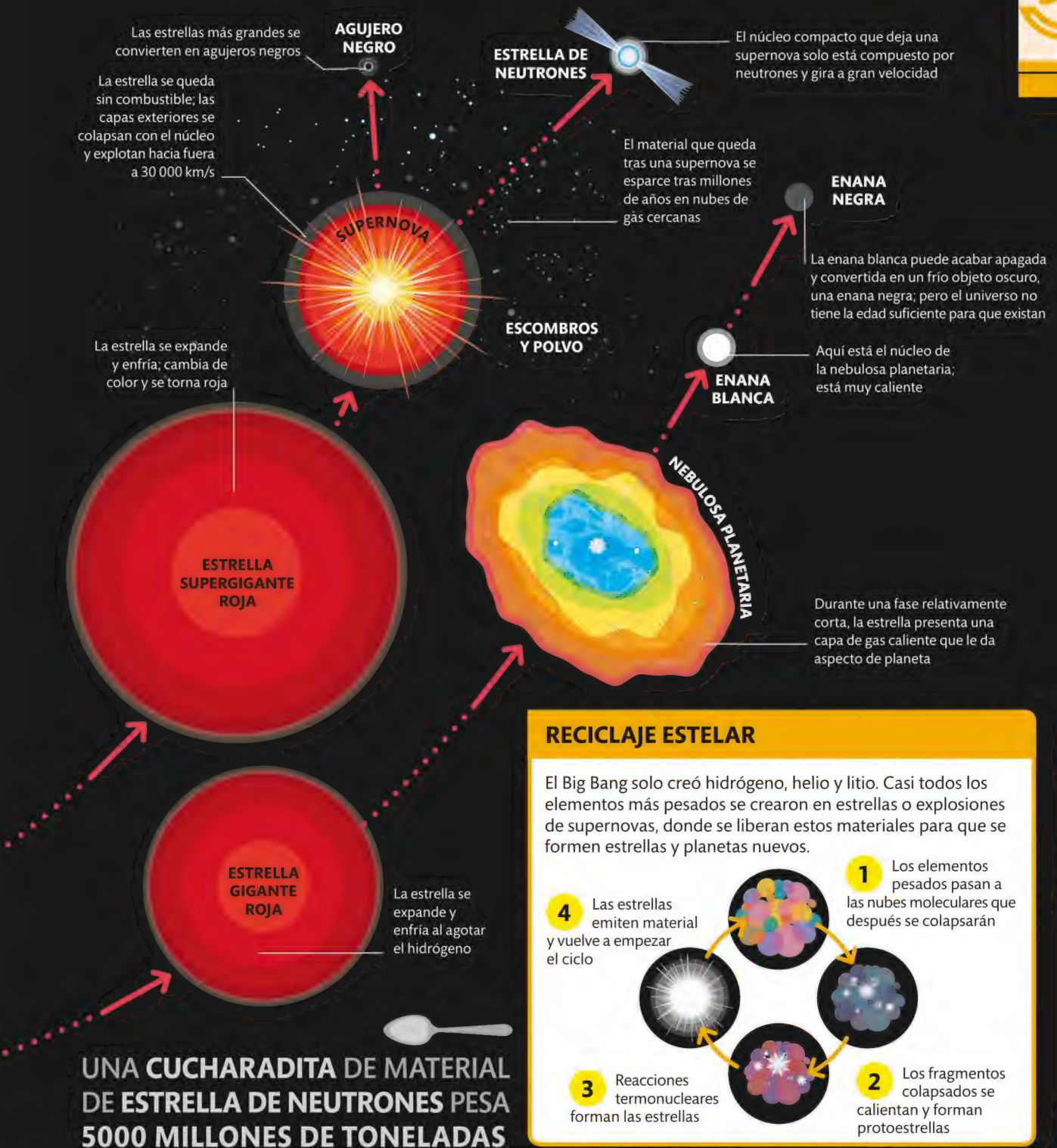
La vida de una estrella depende de su tamaño. Las más grandes pueden durar cientos de miles de años, mientras que las más pequeñas pueden arder durante billones de años.



Vida y muerte de una estrella

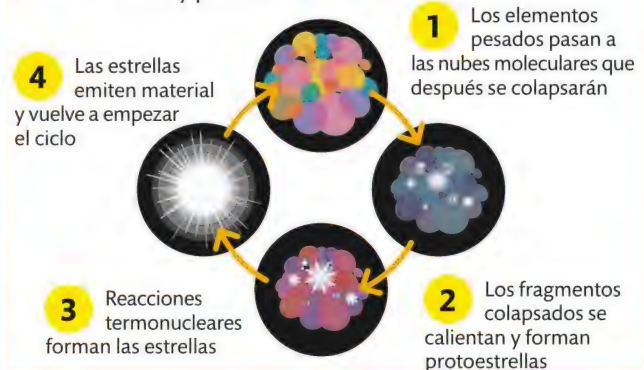
La mayoría de las protoestrellas se convertirán en estrellas medianas o de «secuencia principal», estables gracias a un equilibrio de fuerzas: la presión de los gases calientes en expansión contra la gravedad interna. El ciclo de vida de una estrella depende de su masa: cambia de tamaño, temperatura y color al envejecer. Algunas estrellas se apagan, y otras acaban con una explosiva supernova y dejan su material para la formación de estrellas y planetas. Como la mayoría de los elementos del universo se han creado en las reacciones nucleares de las estrellas, se puede afirmar que nuestro mundo es de polvo de estrellas.





RECICLAJE ESTELAR

El Big Bang solo creó hidrógeno, helio y litio. Casi todos los elementos más pesados se crearon en estrellas o explosiones de supernovas, donde se liberan estos materiales para que se formen estrellas y planetas nuevos.



El Sol

El Sol es la estrella más cercana. Es una enana amarilla, una estrella de tamaño medio que genera energía con la fusión nuclear. Se calcula que está a la mitad de su vida; lo más probable es que continúe estable durante 5000 millones años más.

El Sol por dentro y por fuera

El Sol está compuesto principalmente por los gases hidrógeno y helio en estado de plasma: el gas está tan caliente que sus átomos han perdido los electrones y se han ionizado (pp. 20-21). El Sol se divide en seis regiones: el núcleo central en su interior, donde tiene lugar la fusión nuclear, está rodeado por las zonas radiativa y convectiva; en el exterior, la superficie visible, o fotosfera, está envuelta por la cromósfera y la región más exterior, la corona.



La fusión del núcleo, cuya temperatura llega a los 15 millones de grados centígrados, produce todo el calor y la luz del Sol

En la zona radiativa, los fotones saltan de partícula en partícula antes de acabar escapando hacia el exterior

La temperatura de la zona convectiva, donde suben las burbujas de plasma caliente, cae hasta los 1,5 millones de grados centígrados



La corona, la capa más externa del Sol, se extiende hacia el espacio

Las manchas solares son áreas oscuras relativamente frías de la fotosfera que están causadas por la concentración del campo magnético solar, que inhiben la transferencia de calor al exterior

**EL SOL ES EL
OBJETO DEL SISTEMA
SOLAR MÁS CERCANO
A UNA ESFERA PERFECTA**





Actividad solar y la Tierra

Los cambios en la actividad de la superficie del Sol se notan en la Tierra. Las partículas de una eyección de masa coronal pueden cruzar las paredes de una nave espacial (y poner en riesgo a los astronautas), estropear satélites y provocar subidas de tensión en las redes eléctricas del planeta. La actividad de las manchas solares también afecta al clima: su aumento hace aumentar la radiación solar. Los períodos sin manchas solares también se han relacionado con períodos fríos en la historia de la Tierra.

Una fulguración solar es una intensa explosión de radiación producida al liberarse la energía magnética asociada a las manchas solares

Una prominencia es un anillo de plasma que parte hacia el espacio pero que continúa unido a la fotosfera

La cromósfera es una fina capa de la atmósfera del Sol: es el aro rojo que lo rodea y se hace aparente durante un eclipse solar total

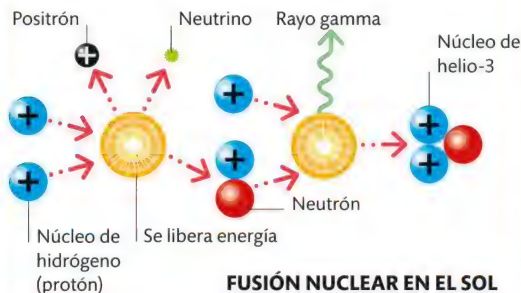
Una eyección de masa coronal es la liberación inusualmente grande de plasma de la corona

Los agujeros coronales son áreas con el plasma menos denso y relativamente frío y oscuro

La radiación que escapa de la fotosfera, cuya temperatura ronda los 5500 °C, es lo que percibimos como luz solar

LA FUENTE DE ENERGÍA DEL SOL

La gran masa del Sol ejerce una presión y temperatura inmensas en el núcleo, donde se produce la fusión nuclear. Los núcleos de los átomos de hidrógeno se unen a otro núcleo de hidrógeno para formar un núcleo de helio. Durante el proceso se liberan otras partículas subatómicas y radiación, además de una increíble cantidad de energía.



¿CUÁNTO TARDA LA LUZ DEL SOL EN LLEGAR A LA TIERRA?

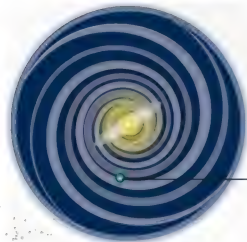
Un fotón puede tardar varios cientos de miles de años en llegar desde el núcleo a la superficie del Sol. Sin embargo, desde ahí solo tardará ocho minutos en llegar a la Tierra.

El sistema solar

El sistema solar está compuesto por el Sol, nuestra estrella local, en su centro, y ocho planetas en órbita. También incluye más de 170 lunas, varios planetas enanos, asteroides, cometas y otros cuerpos estelares.

Cómo se formó

El sistema solar apareció cuando al condensarse una nebulosa, una nube de gélido gas y polvo (p. 190). El Sol se formó en el caliente centro del disco, mientras que la materia más alejada se convirtió en planetas y lunas. El material rocoso es lo único que soportó el calor cerca del Sol y formó los planetas interiores; la gélida materia gaseosa se agrupó en las regiones más alejadas del disco para formar los planetas exteriores.



Usted
está aquí

Nuestro lugar en la Vía Láctea

Nuestro sistema solar está en uno de los brazos interiores de la galaxia Vía Láctea. El Sol es una de sus 100-400 miles de millones de estrellas.

¿CUÁNTOS AÑOS TIENE EL SISTEMA SOLAR?

El sistema solar tiene unos 4600 millones de años. La edad se ha calculado determinando la descomposición radiactiva de los meteoritos que han impactado contra la Tierra.

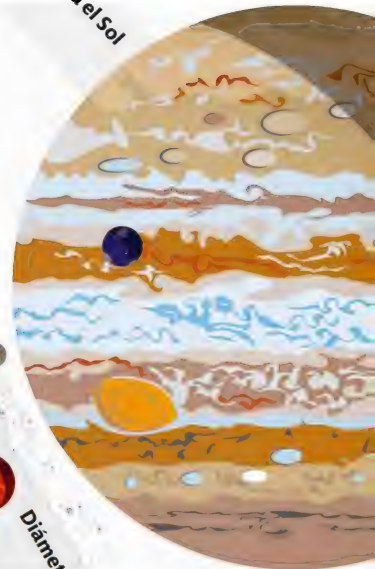
Júpiter

Es el planeta más grande y tiene una mancha roja gigante: una tormenta, que apareció hace unos 300 años.

779 millones de km hasta el Sol

Lunas de Júpiter

Júpiter tiene 69 lunas; Ganimedes, la mayor, es más grande que Mercurio, y se cree que Europa tiene agua líquida bajo su superficie helada.



228 millones de km de
distancia media hasta el Sol

Marte

El frío planeta rojo tiene un tercio de la gravedad de la Tierra.

Díametro: 6792 km

150 millones de km hasta el Sol

Tierra

Es el planeta más denso. El agua cubre el 70 % de su superficie.

Díametro: 12.756 km

108 millones de km hasta el Sol

Venus

Venus es el planeta más caliente y gira tan lentamente que su día es más largo que su año.

Díametro: 12.104 km

58 millones de km de
distancia media hasta el Sol

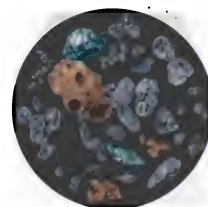
Mercurio

Mercurio, el planeta más pequeño, orbita a 47 km por segundo.

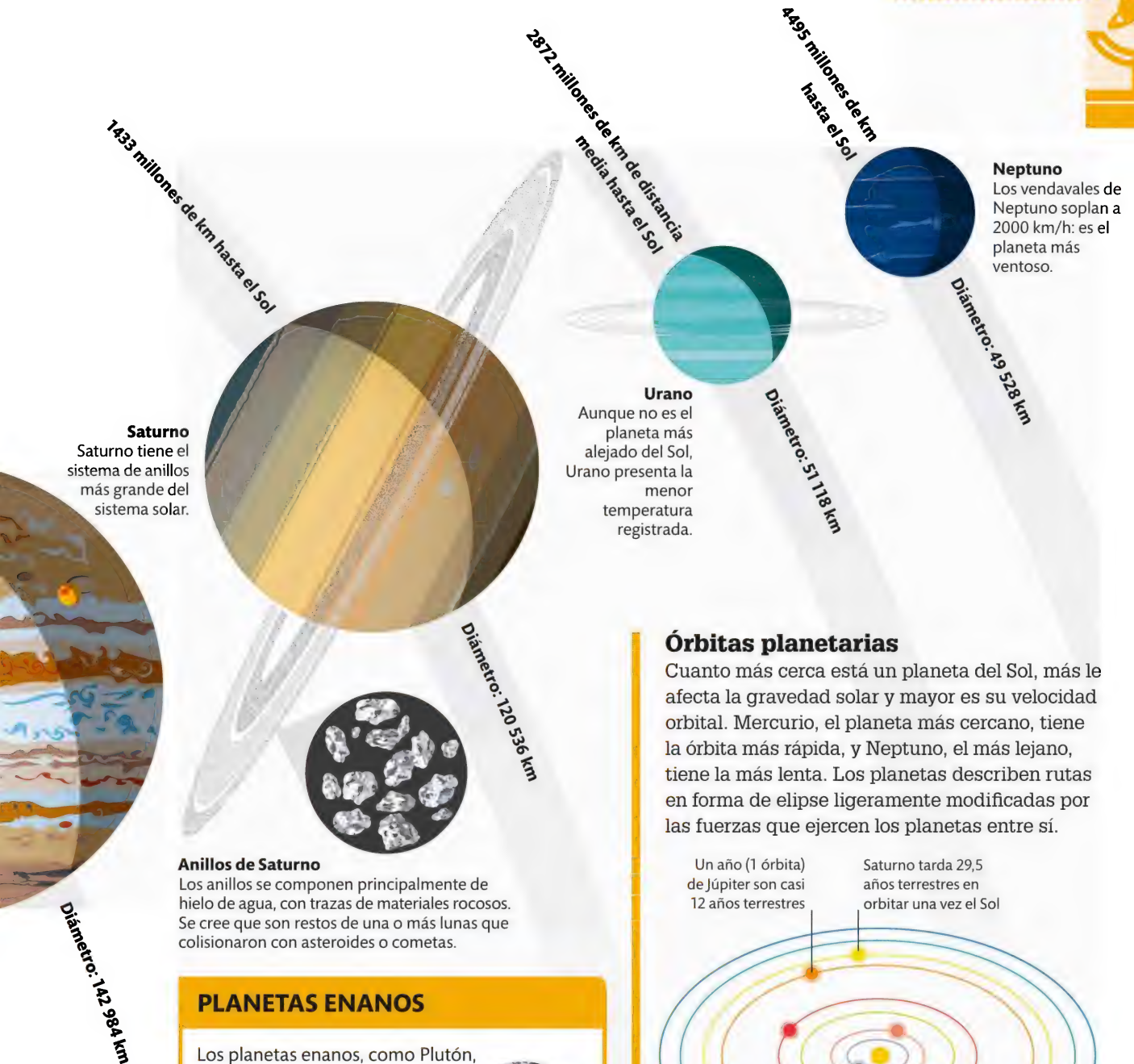
Díametro: 4879 km

Cinturón de asteroides

El cinturón de asteroides está situado entre las órbitas de Marte y Júpiter. Aquí es donde se aloja el planeta enano Ceres.



SOL



Órbitas planetarias

Cuanto más cerca está un planeta del Sol, más le afecta la gravedad solar y mayor es su velocidad orbital. Mercurio, el planeta más cercano, tiene la órbita más rápida, y Neptuno, el más lejano, tiene la más lenta. Los planetas describen rutas en forma de elipse ligeramente modificadas por las fuerzas que ejercen los planetas entre sí.

Un año (1 órbita) de Júpiter son casi 12 años terrestres

Saturno tarda 29,5 años terrestres en orbitar una vez el Sol



PLANETAS ENANOS

Los planetas enanos, como Plutón, tienen suficiente gravedad y masa para formar un cuerpo esférico y orbitar alrededor del Sol. Al contrario que los planetas, no han despejado su ruta orbital y aún la comparten con asteroides y cometas.



PLUTÓN

Basura espacial

Cuando se formó el sistema solar, se crearon cuerpos de diferentes tamaños con fragmentos de roca y hielo; los más grandes se convirtieron en planetas. Algunas partes quedaron en forma de meteoroides, asteroides y cometas, y a veces llegan a la Tierra.

Meteoroides

Los meteoroides son partículas de asteroides o cometas. Estos pequeños cuerpos rocosos o metálicos suelen tener el tamaño de un grano de arena o un guijarro; sin embargo, también pueden superar el metro de ancho. Al penetrar en la atmósfera de un planeta e incendiarse al caer se denominan meteoritos. Algunos incluso llegan a sobrevivir hasta llegar al suelo; aproximadamente entre el 90 y el 95 % de los meteoritos se calcinan por completo al cruzar nuestra atmósfera. El brillo que emiten en el cielo se debe más a su velocidad de entrada que a su tamaño.

TIERRA

METEORITO

Los meteoritos son de hierro (en general, el 90 %) o de roca, compuestos por oxígeno, silicio, magnesio y otros elementos

A veces la ISS cambia de trayectoria para evitar la basura espacial. Una probabilidad de impacto del 0,001 % de cualquier posible colisión se considera peligrosa.

ESTACIÓN
ESPACIAL
INTERNACIONAL

Los meteoroides surgen del cinturón de asteroides y orbitan alrededor del Sol

Cuando caen, se calientan tanto que su capa exterior se vaporiza o se destruye

METEOROIDE

Piezas de
satélite

¿PODEMOS DETENER UN IMPACTO LETAL?

Regar un cometa o asteroide con yeso o carbón podría cambiar la manera en que lo calienta la luz del sol y modificar así su órbita. Para cambiarla más deprisa se podrían detonar explosivos cerca de un objeto.

El Vanguard 1, los restos espaciales más antiguos, seguirán en órbita durante más de 200 años



Asteroides

Los asteroides son objetos de roca o metal que giran alrededor del Sol, especialmente entre las órbitas de Marte y Júpiter, en lo que se conoce como el cinturón de asteroides. La mayoría tienen diámetros inferiores a 1 km, pero algunos (como Ceres, el mayor planeta enano) miden más de 100 km de punta a punta y ejercen una fuerza gravitatoria significativa. La gravedad de Júpiter no deja que los asteroides se unan para formar planetas.

ASTEROIDE

Todavía es posible encontrar una caja de herramientas perdida en un paseo espacial de la ISS

El guante espacial que perdió Ed White en el primer paseo espacial de Estados Unidos

Un misil chino destruyó un antiguo satélite meteorológico el 2007 y dejó 3000 piezas de basura más en órbita

Basura espacial

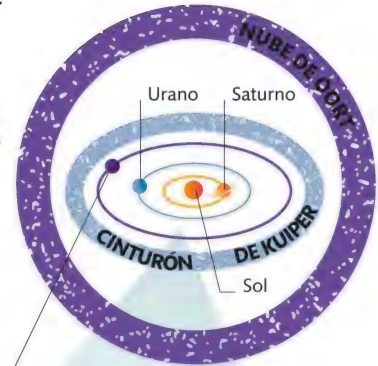
Millones de objetos, desde fragmentos de pintura hasta enormes piezas de metal del tamaño de un camión, flotan por el sistema solar, principalmente orbitando alrededor de la Tierra. La basura espacial, cada vez más numerosa, es una amenaza creciente para las naves espaciales como la Estación Espacial Internacional. En las superficies de Venus, Marte y la Luna también hay naves abandonadas.

Cinturón de Kuiper, nube de Oort

Los planetas atraen a los cuerpos del cinturón de Kuiper, una banda de objetos en forma de disco más allá de la órbita de Neptuno, y los convierten en cometas. Los de la nube de Oort, una gran nube esférica de escombros en el sistema solar exterior, se ven afectados por la gravedad del paso de estrellas.

Órbita de cometa

Los cometas se clasifican según la duración de su órbita alrededor del Sol. Los de período corto tienen órbitas de menos de 200 años; su origen está en el cinturón de Kuiper. Los de período largo tardan más de 200 años y vienen de la nube de Oort.



Neptuno

Colas de cometa

Los cometas tienen dos colas, una de polvo y otra de plasma, siempre en dirección contraria al Sol. Su longitud puede llegar a los 160 millones de km.

Cabellera (nube de gas y polvo)

Avance del cometa

Dirección hacia el Sol

Cola de plasma

Núcleo de polvo y hielo

Cola de polvo

COMETA

**DESPLAZÁNDOSE A 36 000 KM/H,
UN OBJETO DE 10 CM PUEDE CAUSAR
UN DAÑO EQUIVALENTE A 25
BARRENOS DE DINAMITA**

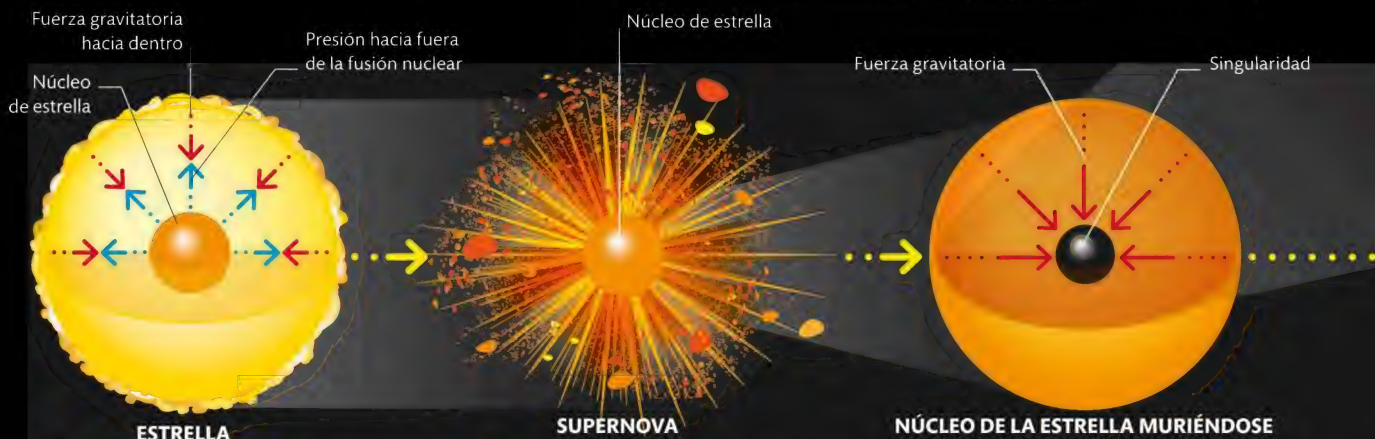
Agujeros negros

Un agujero negro es una región del espacio donde la materia ocupa un diminuto punto infinitesimal de densidad infinita. Es tan denso que nada puede escapar a su atracción gravitatoria, ni la luz, y por eso los agujeros negros son invisibles. La única manera de detectarlo es observando sus efectos sobre el entorno.

MÁS CERCANO A UNOS 3000 AÑOS LUZ

Colapso completo

La mayoría de los agujeros negros se forman como resultado de la muerte de una estrella masiva (cuya masa es como mínimo 10 veces la masa del Sol). La materia que atrae la gravedad del agujero negro suele formar un disco giratorio que emite rayos X y otras radiaciones que pueden detectar los astrónomos.



1

Estrella estable

Las reacciones nucleares de una estrella crean energía y presión hacia fuera. Mientras se equilibran con la fuerza de la gravedad que tira hacia dentro, la estrella permanece estable. Sin embargo, cuando agota su combustible, la gravedad se impone.

2

Muerte explosiva

Cuando se detienen las reacciones nucleares, la estrella muere, pues no puede resistir la fuerza de su propia gravedad y se colapsa. Esto provoca una explosión de supernova que esparce las partes exteriores de la estrella hacia el espacio.

3

Colapso del núcleo

Si el núcleo que queda tras la supernova continúa siendo masivo (más de tres veces la masa del Sol), continúa encogiéndose y se colapsa bajo su propio peso en un punto de densidad infinita conocido como singularidad.

TIPOS DE AGUJERO NEGRO

Hay agujeros negros de dos tipos: estelares y supermasivos. Un agujero negro estelar se forma cuando una estrella explota en forma de supernova al final de su vida (ver arriba). Los agujeros negros supermasivos son mayores y se encuentran en los centros de las galaxias, rodeados a menudo por remolinos de materia extremadamente caliente. Durante el Big Bang se podrían haber formado agujeros negros de un tercer tipo: agujeros negros primordiales. Si así fue, la mayoría debieron de ser minúsculos y se evaporaron rápidamente. Para haber llegado hasta hoy, deberían haber nacido como mínimo con la masa de una gran montaña.



SUPERMASIVO

Diámetro del horizonte de sucesos: del tamaño del sistema solar
Masa: miles de millones de soles

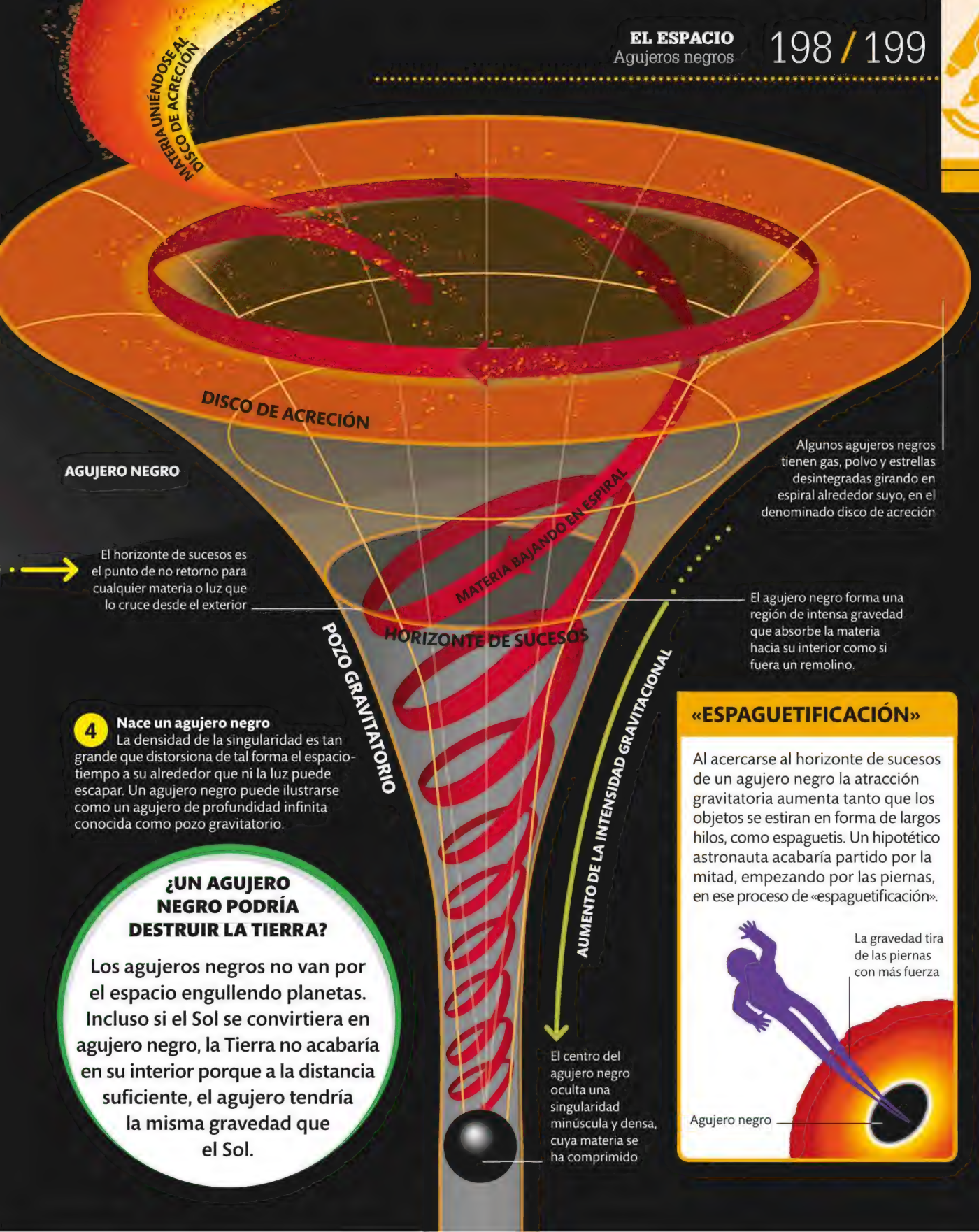


ESTELAR

Diámetro del horizonte de sucesos: 30-300 km
Masa: 5-50 soles

PRIMORDIAL

Diámetro del horizonte de sucesos: un núcleo atómico pequeño
Masa: superior a la de una montaña



Algunos agujeros negros tienen gas, polvo y estrellas desintegradas girando en espiral alrededor suyo, en el denominado disco de acreción

El agujero negro forma una región de intensa gravedad que absorbe la materia hacia su interior como si fuera un remolino.

«ESPAGUETIFICACIÓN»

Al acercarse al horizonte de sucesos de un agujero negro la atracción gravitatoria aumenta tanto que los objetos se estiran en forma de largos hilos, como espaguetis. Un hipotético astronauta acabaría partido por la mitad, empezando por las piernas, en ese proceso de «espaguetificación».



El centro del agujero negro oculta una singularidad minúscula y densa, cuya materia se ha comprimido

4 Nace un agujero negro

La densidad de la singularidad es tan grande que distorsiona de tal forma el espacio-tiempo a su alrededor que ni la luz puede escapar. Un agujero negro puede ilustrarse como un agujero de profundidad infinita conocida como pozo gravitatorio.

¿UN AGUJERO NEGRO PODRÍA DESTRUIR LA TIERRA?

Los agujeros negros no van por el espacio engullendo planetas. Incluso si el Sol se convirtiera en agujero negro, la Tierra no acabaría en su interior porque a la distancia suficiente, el agujero tendría la misma gravedad que el Sol.

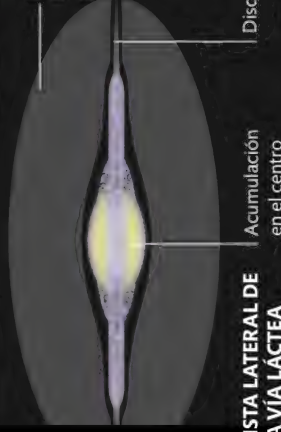
Galaxias

Las galaxias son enormes sistemas con millones o miles de millones de estrellas, nubes de gas y polvo, o nebulosas, y una cantidad desconocida de materia oscura (pp. 206-207), que se mantiene unida gracias a la atracción gravitatoria. Nuestra galaxia es la Vía Láctea.

¿QUÉ TAMAÑO TIENE LA VÍA LÁCTEA?

Mide unos 100 000 años luz de lado a lado; su disco tiene un grosor de unos 1000 años luz. Nuestro sistema solar tarda 230 millones de años en dar una vuelta completa alrededor del agujero negro central.

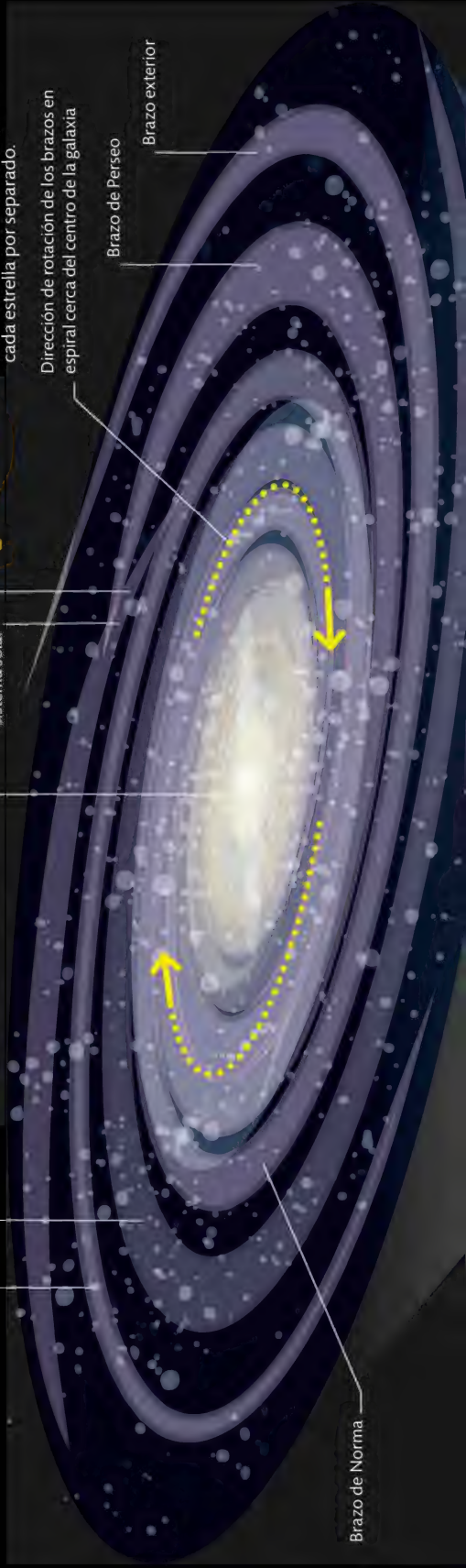
El ancho halo está formado por cúmulos globulares de estrellas



VISTA LATERAL DE LA VÍA LÁCTEA

La Vía Láctea
Nuestro sistema solar está ubicado en el brazo de Orión de una gran galaxia lenticular formada por unos 100-400 000 millones de estrellas girando alrededor de un agujero negro supermasivo. Vista de lado, nuestra galaxia parece aplanada, con un brillante núcleo en el centro y una región de halo con cúmulos de estrellas.

Brazo de Carina-Sagitario
Brazo de Escudo-Centauro
Brazo de Orión
Ubicación del sistema solar
Sagitario A*: el agujero negro del centro de la Vía Láctea



Dirección de rotación de los brazos en espiral cerca del centro de la galaxia

Brazo de Perseo

Brazo exterior

Brazo de Norma

Tipos de galaxias

Hay unos dos billones de galaxias en el universo observable, aunque puede haber más (pp. 204-205). Las galaxias se dividen en tres tipos: elípticas, espirales e irregulares. Algunas son combinaciones de estos tipos, como las lenticulares, parcialmente elípticas, parcialmente espirales, son planas, pero su espiral no tiene brazos definidos.



Galaxias espirales

Las espirales son discos planos giratorios con estructuras de brazos, una concentración en el núcleo y un halo alrededor. En las lenticulares, los brazos parten de una barra central y no del núcleo.



Galaxias elípticas

Las galaxias elípticas van desde las formas casi esféricas hasta las de pelota de rugby; se clasifican según lo circulares o planas que son. Al contrario que las espirales, no tienen un único eje de rotación.



Galaxias irregulares

Estas galaxias no tienen estructura simétrica ni núcleo, o es diminuto. Algunas contienen estrellas nuevas y calientes; otras, gran cantidad de polvo, lo que dificulta distinguir cada estrella por separado.

Colisión galáctica

Las colisiones entre galaxias son habituales: actualmente la Vía Láctea está en plena colisión con la galaxia Enana elíptica de Sagitario. Sin embargo, la distancia entre las estrellas es tan descomunal que casi nunca chocan. Aunque no lleguen a chocar entre sí, cada galaxia todavía puede modificar la forma de la otra, igual que las interacciones pueden comprimir sus nubes de gas e iniciar otra formación de estrellas.

Choque galáctico

Estas dos galaxias espirales están en colisión y cada una atrae el brazo principal de la espiral de la otra. Al cabo de millones de años es probable que se unan para formar una galaxia elíptica.

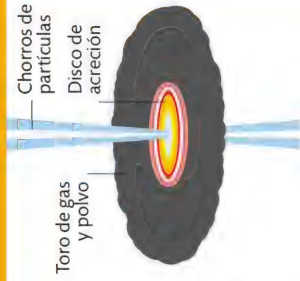
Colisión de los brazos en espiral

Forma modificada por la interacción con la otra galaxia



GALAXIAS ACTIVAS

Al contrario que las normales, las galaxias activas emiten mucha más energía que la que pueden producir sus estrellas, gracias a la acreción (acumulación) de material en el agujero negro supermasivo del centro de cada galaxia.



NÚCLEO Y TORO



Cúmulo de Virgo

SUPERCÚMULO DE VIRGO

Vacio de espacio aparentemente vacío

Grupos de Leo II

La Vía Láctea en el cúmulo del Grupo Local

Supercúmulo de Virgo

Nuestra galaxia forma parte de un cúmulo denominado el Grupo Local, que a su vez forma parte del supercúmulo de Virgo. Este supercúmulo está dominado por el cúmulo de la galaxia de Virgo, compuesto por un máximo de 2000 galaxias.

Cúmulos y supercúmulos

El 75 % de las galaxias no están distribuidas al azar, sino agrupadas. Están conectadas por una red cósmica de filamentos de materia ordinaria y oscura; los cúmulos de galaxias se forman en los puntos donde estos filamentos se cruzan. Cuando colisionan dos cúmulos de galaxias se forma un supercúmulo, de los que existen unos 10 millones. El mayor de estos, la gran muralla Sloan, mide 1400 millones de años luz de lado a lado. Se cree que la energía oscura acabará rompiendo estos supercúmulos.

El Big Bang

La mayoría de los astrónomos creen que el universo tuvo un inicio concreto hace 13800 millones de años en un suceso conocido como el Big Bang. A partir de un punto infinitésimamente pequeño, denso y caliente se formó toda la materia, energía, espacio y tiempo. Desde el Big Bang el universo cada vez es más grande y frío.

¿QUÉ HABÍA ANTES DEL BIG BANG?

Si el tiempo empezó con el Big Bang, pues... no había nada. O quizá el material de nuestro universo procede de un universo previo.

Espacio en expansión

El universo se expande, lo que sugiere que había sido más pequeño. En una ínfima fracción de su primer segundo, parte del universo creció más rápido que la velocidad de la luz; esto se conoce como inflación. La velocidad de expansión se redujo al cabo de poco, pero el universo sigue creciendo. A gran escala, todos los objetos se separan entre sí; cuanto más lejos están, más rápido se alejan. Esto se ha observado en un efecto conocido como corrimiento al rojo.

Corrimiento al rojo

Cuando un objeto se aleja a gran velocidad de su observador, sus ondas de luz se estiran, y las líneas del espectro del objeto (p. 211) se desplazan hacia el extremo rojo. La distancia entre un objeto y la Tierra se puede calcular según su desplazamiento hacia el rojo.

Galaxia que se aleja del observador

El observador percibe la galaxia como más roja

La longitud de onda se estira

Línea del espectro original

Línea del espectro desplazada hacia el rojo

ACTUALIDAD

2000-3000 MILLONES DE AÑOS TRAS EL BIG BANG

500-600 MILLONES DE AÑOS TRAS EL BIG BANG

DE 380000 A 200 MILLONES DE AÑOS TRAS EL BIG BANG

Algunas galaxias empiezan a cobrar forma de espiral

Se forman las primeras estrellas

Hasta la formación de las primeras estrellas, el universo estaba a oscuras

Átomo de hidrógeno

Átomo de deuterio

Átomo de helio-3



En el principio

Inicialmente el universo era pura energía. Al enfriarse, energía y materia compartieron un estado intercambiable: la masa-energía. Al final de la inflación empezaron a aparecer las primeras partículas subatómicas, muchas de las cuales ya no existen. Las que quedaron componen toda la materia del universo actual. Tras unos 400 000 años, se formaron los primeros átomos.

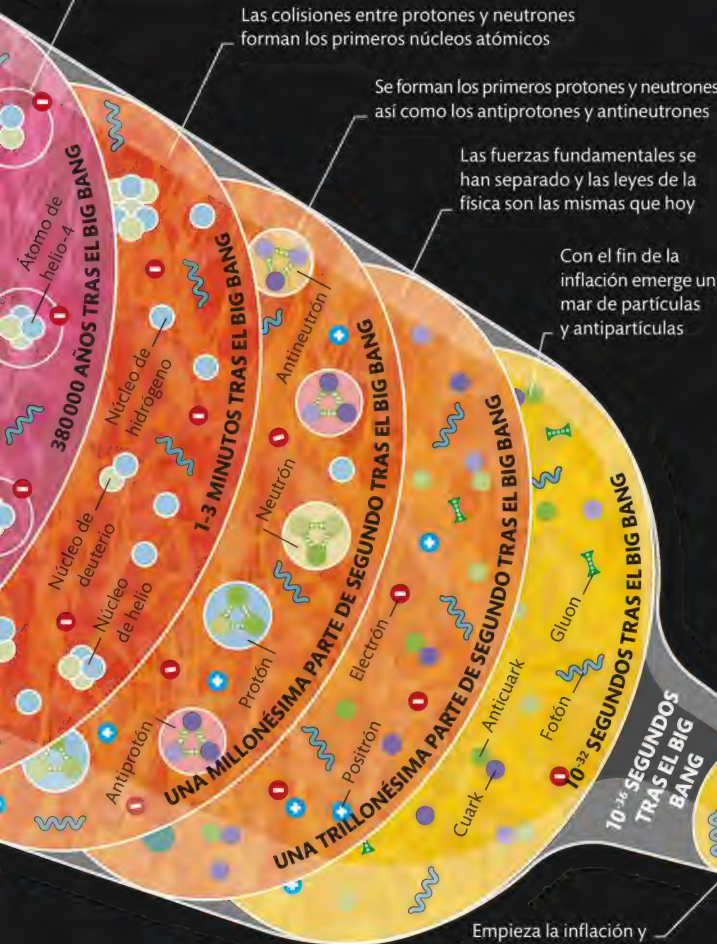
Los electrones se combinan con núcleos atómicos para formar los primeros átomos

Las colisiones entre protones y neutrones forman los primeros núcleos atómicos

Se forman los primeros protones y neutrones, así como los antiprotones y antineutrones

Las fuerzas fundamentales se han separado y las leyes de la física son las mismas que hoy

Con el fin de la inflación emerge un mar de partículas y antipartículas



PRUEBAS DEL BIG BANG

Los científicos que propusieron la teoría del Big Bang predijeron que este habría dejado una débil radiación de calor proveniente de cualquier dirección del cielo. En 1964 dos astrónomos de Estados Unidos la hallaron con una gran antena de radio en forma de cuerno en Nueva Jersey: es la radiación cósmica de fondo.



Leyes de la física

Al principio no existían las cuatro fuerzas básicas que gobiernan la interacción entre partículas (pp. 26-27), sino que se crearon poco después de la aparición del universo. Justo tras el Big Bang, en un tiempo conocido como la época de Planck, cuando materia y energía aún no se habían separado, existía una única fuerza unificada o superfuerza. Una trillonésima parte de segundo tras el Big Bang ya se había separado en el electromagnetismo, las fuerzas nucleares fuerte y débil y la gravedad.



Big Bang

Durante el primer segundo de tiempo se formaron las fuerzas fundamentales y las partículas subatómicas. Tuvieron que pasar varios cientos de miles de años para que surgieran los átomos y millones de años para que se desarrollaran primero las estrellas y después las galaxias.

PRIMER SEGUNDO

MILES DE MILLONES DE KILÓMETROS

BIG BANG

¿QUÉ ES UN AÑO LUZ?

Un año luz es una unidad de distancia (y no de tiempo): es la distancia que recorre la luz durante un año. La luz avanza a 300 000 km/s; así, un año luz corresponde a 9,5 billones de kilómetros.

¿Qué tamaño tiene el universo?

¿El espacio es infinito? ¿Qué forma tiene el universo? Aunque los astrónomos no hayan contestado estas preguntas, pueden calcular el tamaño de la parte del universo que vemos. Estudiando la densidad de la masa y la energía también pueden sacar conclusiones sobre la geometría del espacio.

Más allá del universo observable hay regiones cuya luz aún no nos ha llegado, pero que acabarán siendo visibles

Esta es la distancia actual desde la Tierra hasta los objetos visibles más alejados del universo

El límite del universo observable se conoce como el horizonte de partículas

Esta es la distancia que ha viajado la luz desde los objetos más alejados

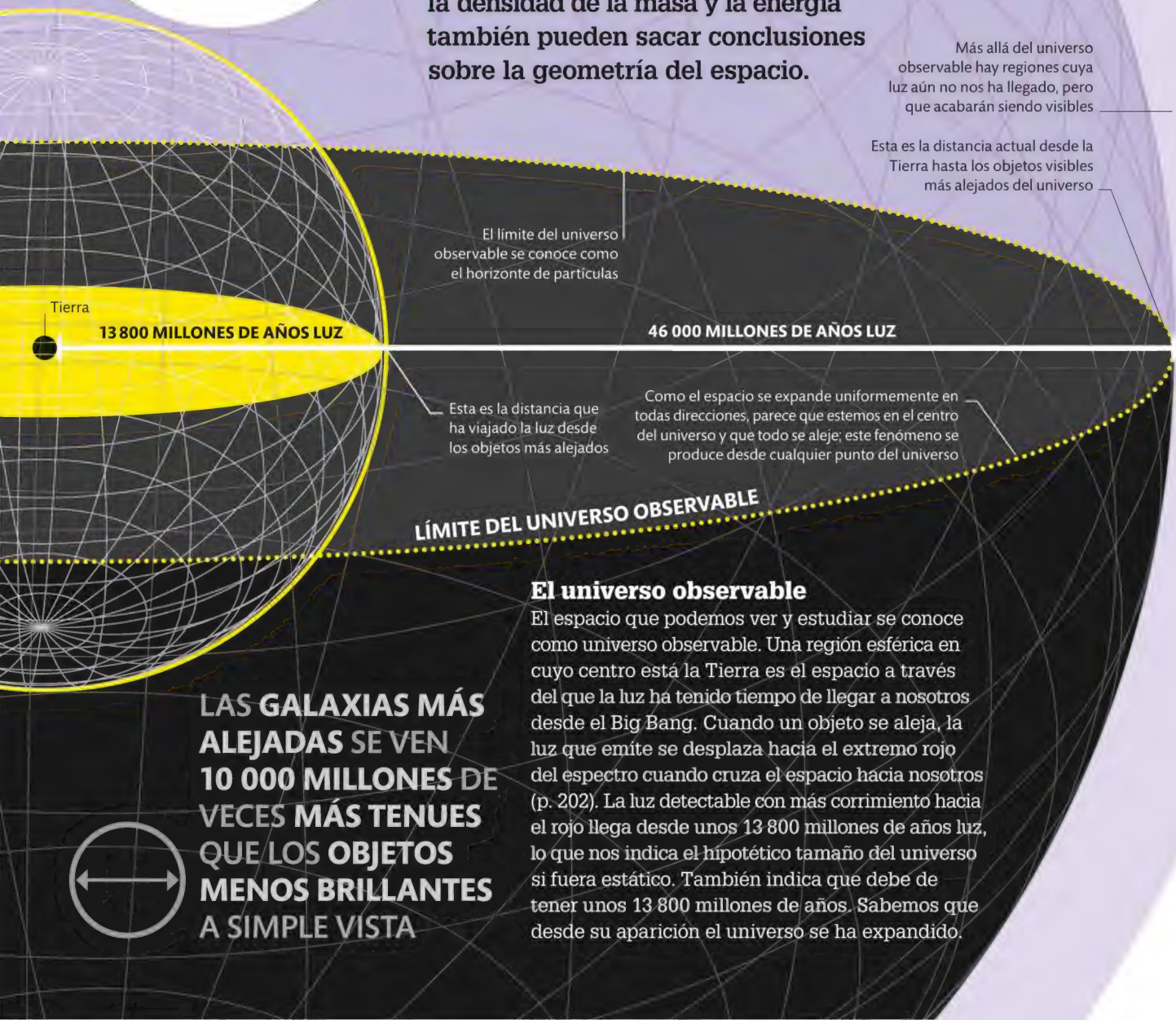
Como el espacio se expande uniformemente en todas direcciones, parece que estemos en el centro del universo y que todo se aleje; este fenómeno se produce desde cualquier punto del universo

LÍMITE DEL UNIVERSO OBSERVABLE

El universo observable

El espacio que podemos ver y estudiar se conoce como universo observable. Una región esférica en cuyo centro está la Tierra es el espacio a través del que la luz ha tenido tiempo de llegar a nosotros desde el Big Bang. Cuando un objeto se aleja, la luz que emite se desplaza hacia el extremo rojo del espectro cuando cruza el espacio hacia nosotros (p. 202). La luz detectable con más corrimiento hacia el rojo llega desde unos 13 800 millones de años luz, lo que nos indica el hipotético tamaño del universo si fuera estático. También indica que debe de tener unos 13 800 millones de años. Sabemos que desde su aparición el universo se ha expandido.

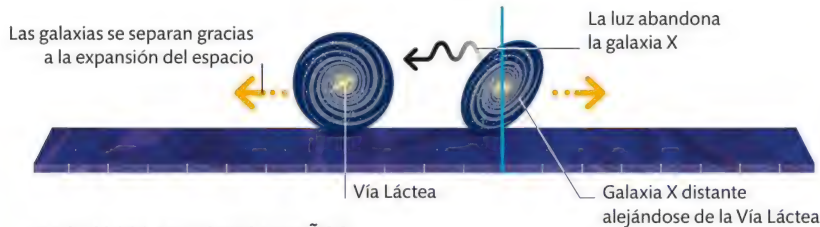
**LAS GALAXIAS MÁS
ALEJADAS SE VEN
10 000 MILLONES DE
VECES MÁS TENUES
QUE LOS OBJETOS
MENOS BRILLANTES
A SIMPLE VISTA**



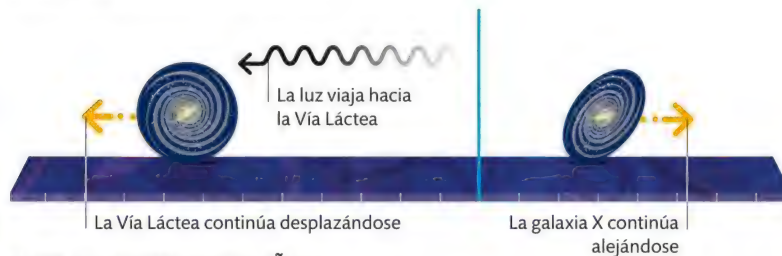


Determinar la distancia en un espacio en expansión

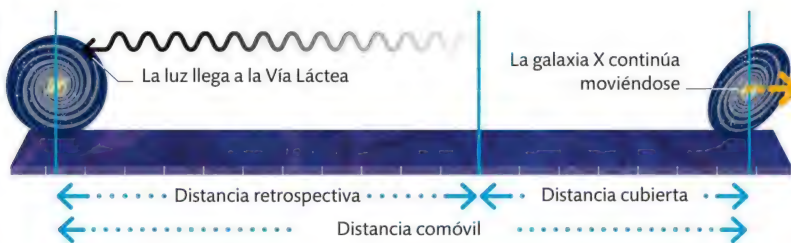
El espacio está en expansión y por ello la distancia real hasta un objeto en el espacio, la distancia comóvil, es superior a la distancia que ha cruzado la luz del objeto para llegar a nosotros, la distancia retrospectiva. Teniendo en cuenta la expansión del espacio, el límite del universo observable se sitúa a 46 500 millones de años luz.



HACE 11 000 MILLONES DE AÑOS.



HACE 5000 MILLONES DE AÑOS



ACTUALIDAD

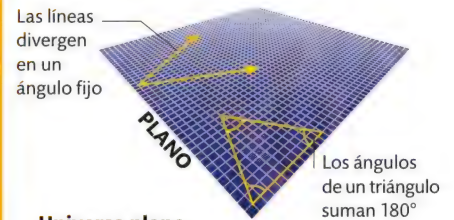
¿A QUÉ VELOCIDAD SE EXPANDE EL ESPACIO?

A escalas relativamente pequeñas, por ejemplo dentro de las galaxias, los objetos en el espacio se mantienen a distancias fijas gracias a la gravedad. A escalas superiores, la expansión del espacio se traduce en que los objetos se están alejando entre sí, igual que los puntos pintados sobre la superficie de un globo al hincharlo. Además, cuanto más lejos están dos objetos, más rápido se separan. Las últimas medidas indican que dos objetos separados por un megapársec (unos 3 millones de años luz) se separan a unos 74 km/s.



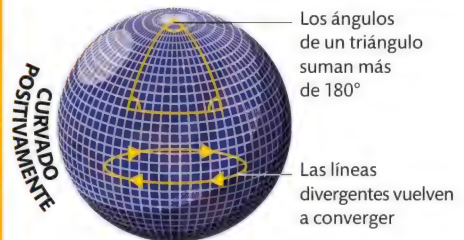
Formas del universo

El universo tiene tres posibles geometrías, cada una con su curvatura espacio-tiempo diferente. Estas curvaturas no se parecen a las que conocemos, pero pueden representarse en 2D. Se cree que nuestro universo es plano o casi plano. Diversas teorías sobre el destino final del universo se basan en estas geometrías (pp. 208-209).



Universo plano

La analogía en 2D de un universo plano es un plano con las reglas habituales de la geometría. Por ejemplo, las líneas paralelas nunca se cruzan.



Universo curvado positivamente

Un universo cuyo espacio-tiempo está curvado positivamente es «cerrado», y su masa y extensión son finitas. Las líneas paralelas convergen en una superficie esférica en esta analogía en 2D.



Universo curvado negativamente

En este escenario, el universo es «abierto» e infinito. La analogía en 2D es la de un espacio en forma de silla de montar donde las líneas divergentes se van separando.

Materia y energía oscuras

La mayor parte del universo se compone por materia oscura y energía oscura. No podemos observar directamente estos tipos de materia y energía, pero sabemos de su existencia por su interacción con la materia ordinaria y las ondas de luz.

Ausencia de masa y energía

La masa y la energía son dos formas de un único fenómeno denominado masa-energía (p. 141). Los astrónomos intentan detectar toda la masa-energía del universo, pero no son capaces de ver su mayor parte; no obstante, tiene que existir más masa que la que vemos, porque sin ella los cúmulos de galaxias se separarían. Y tiene que haber más energía porque algo se opone a la gravedad y acelera la expansión del espacio.



DETECTOR DE MATERIA OSCURA
BAJO TIERRA
1,5 KM

¿Cuánta falta?

La materia visible ordinaria, compuesta de átomos, solo es una pequeña proporción de la masa-energía del universo. Gran parte del resto es energía oscura.



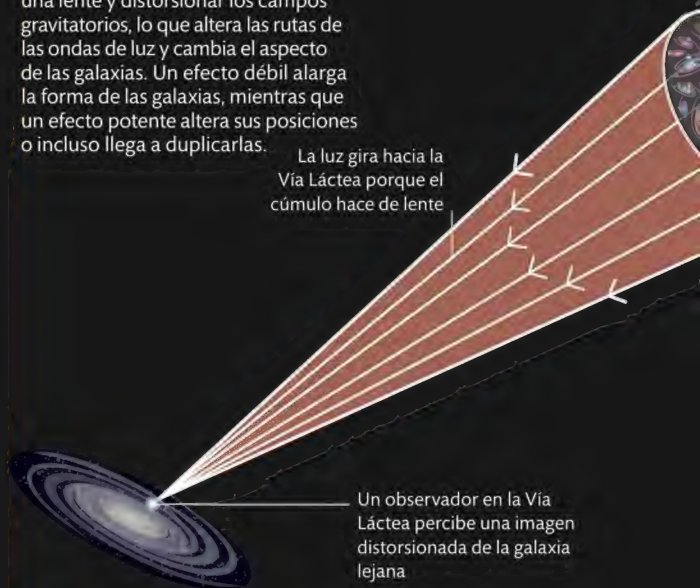
Materia oscura

La materia oscura forma halos alrededor de la materia ordinaria, o «bariónica»; sin embargo, apenas interactúa con ella, no refleja ni absorbe luz ni se puede detectar por su radiación electromagnética. Si se observan sus efectos gravitatorios en galaxias y estrellas, y sus efectos al modificar las rutas de las ondas de luz. Se desconoce la naturaleza de la materia oscura, pero los astrónomos creen que podría tomar dos formas: MACHO y WIMP.

Lente gravitacional

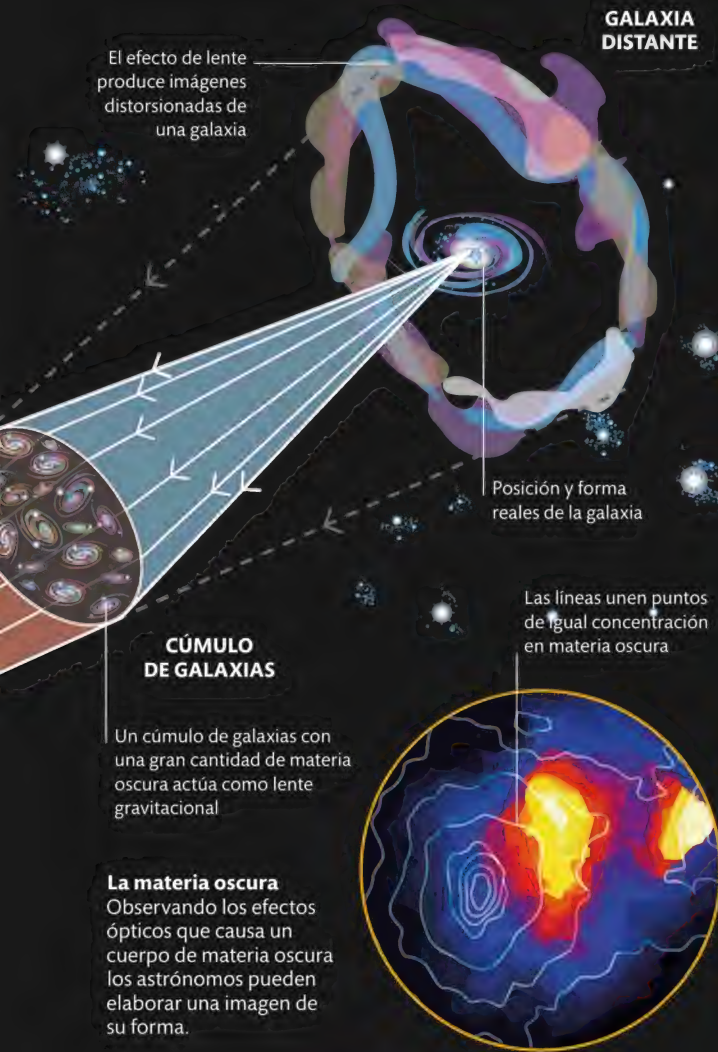
Una gran masa puede actuar como una lente y distorsionar los campos gravitatorios, lo que altera las rutas de las ondas de luz y cambia el aspecto de las galaxias. Un efecto débil alarga la forma de las galaxias, mientras que un efecto potente altera sus posiciones o incluso llega a duplicarlas.

La luz gira hacia la Vía Láctea porque el cúmulo hace de lente



LA VÍA LÁCTEA

MACHO	WIMP	
Puede que alguna materia oscura se componga de objetos densos (agujeros negros y enanas marrones) conocidos como MACHO (objetos masivos de halo compacto, en inglés), que emiten tan poca luz que solo se ven como si fueran lentes gravitacionales (ver arriba). Aún así, los MACHO no pueden contener toda la masa de la materia oscura.	Otros candidatos son las partículas masivas de interacción débil (WIMP), partículas extrañas creadas al principio del universo que interactúan a través de la fuerza débil (p. 27) y la gravedad.	
	Caliente	Frío
	Esta forma teórica de materia oscura consiste en partículas que se desplazan casi a la velocidad de la luz.	Casi toda la materia oscura, como las WIMP, se cree que es fría, una forma de materia que se mueve lentamente.

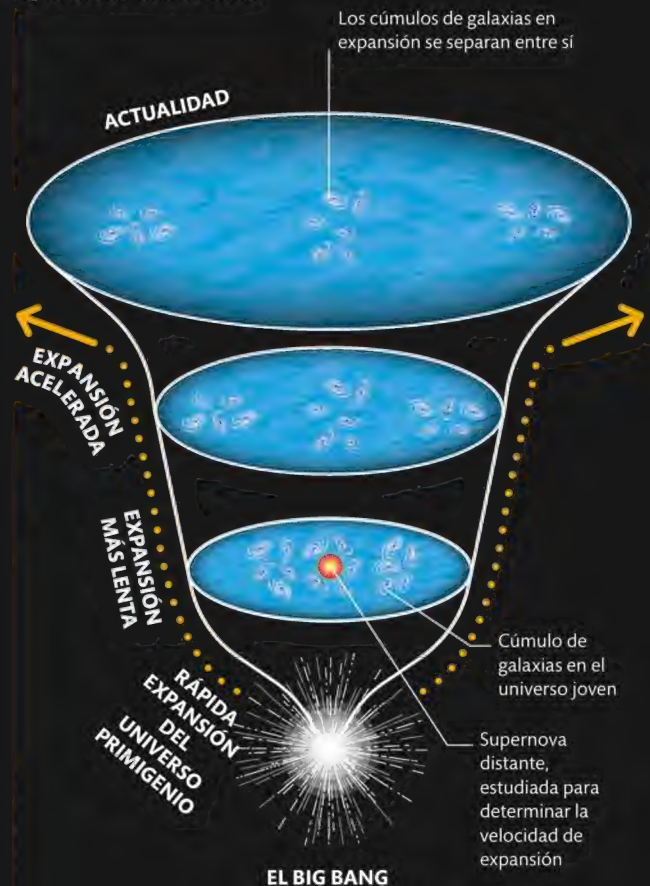


¿EXISTE MATERIA OSCURA EN LA TIERRA?

Sí... quizá. Según algunos cálculos, miles de millones de partículas de materia oscura cruzan nuestro cuerpo cada segundo.

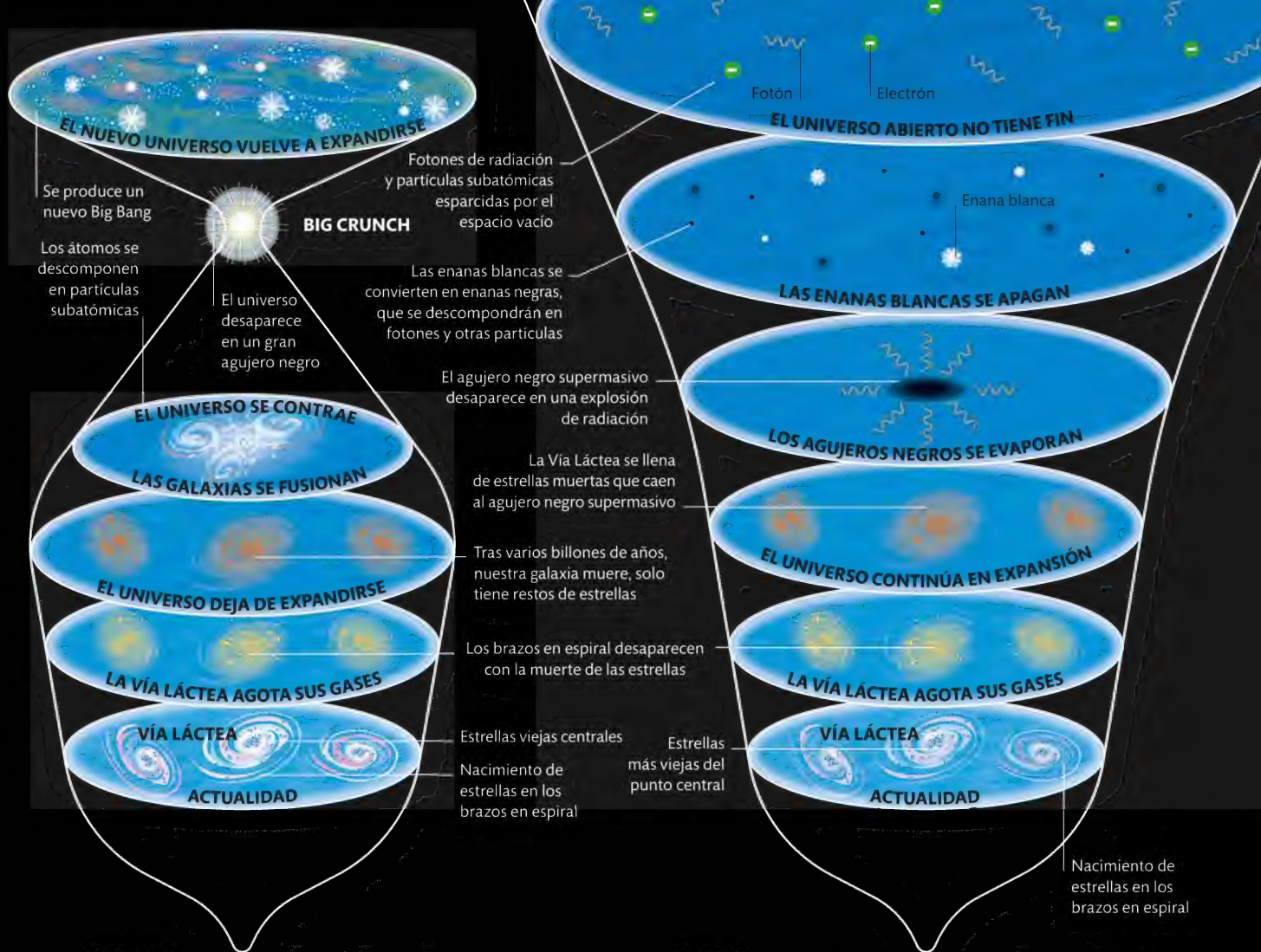
Energía oscura

Midiendo la distancia que nos separa de remotas supernovas se ha demostrado que la expansión del universo se está acelerando. Este hallazgo indujo la aparición de la teoría de la energía oscura, una fuerza opuesta a la gravedad y que explica la planicie de nuestro universo y la aceleración de su expansión. La materia oscura dominó el joven universo, pero ahora la energía oscura ocupa su lugar y sus efectos cada vez son mayores a medida que crece el universo.



Aceleración de la expansión

Tras el Big Bang, la rápida expansión inicial se frenó al cabo de poco. Desde hace unos 7500 millones de años, como demuestra la gran abertura de la curva, los objetos se separan a mayor velocidad por la fuerza de la energía oscura.



Big Crunch

Algunos cosmólogos consideran que la energía oscura se debilitará con el paso del tiempo, la gravedad podrá ganar la batalla y hacer que el universo deje de crecer y se contraiga. Durante billones de años las galaxias colisionarían y la temperatura del universo subiría hasta el punto de llegar a incinerar las estrellas. Los átomos se descompondrían y un agujero negro gigante lo devoraría todo, incluso a sí mismo. Otros sostienen la teoría de que como las partículas chocarían entre sí, se produciría un segundo Big Bang: el Big Bounce, o gran rebote.

Big Chill

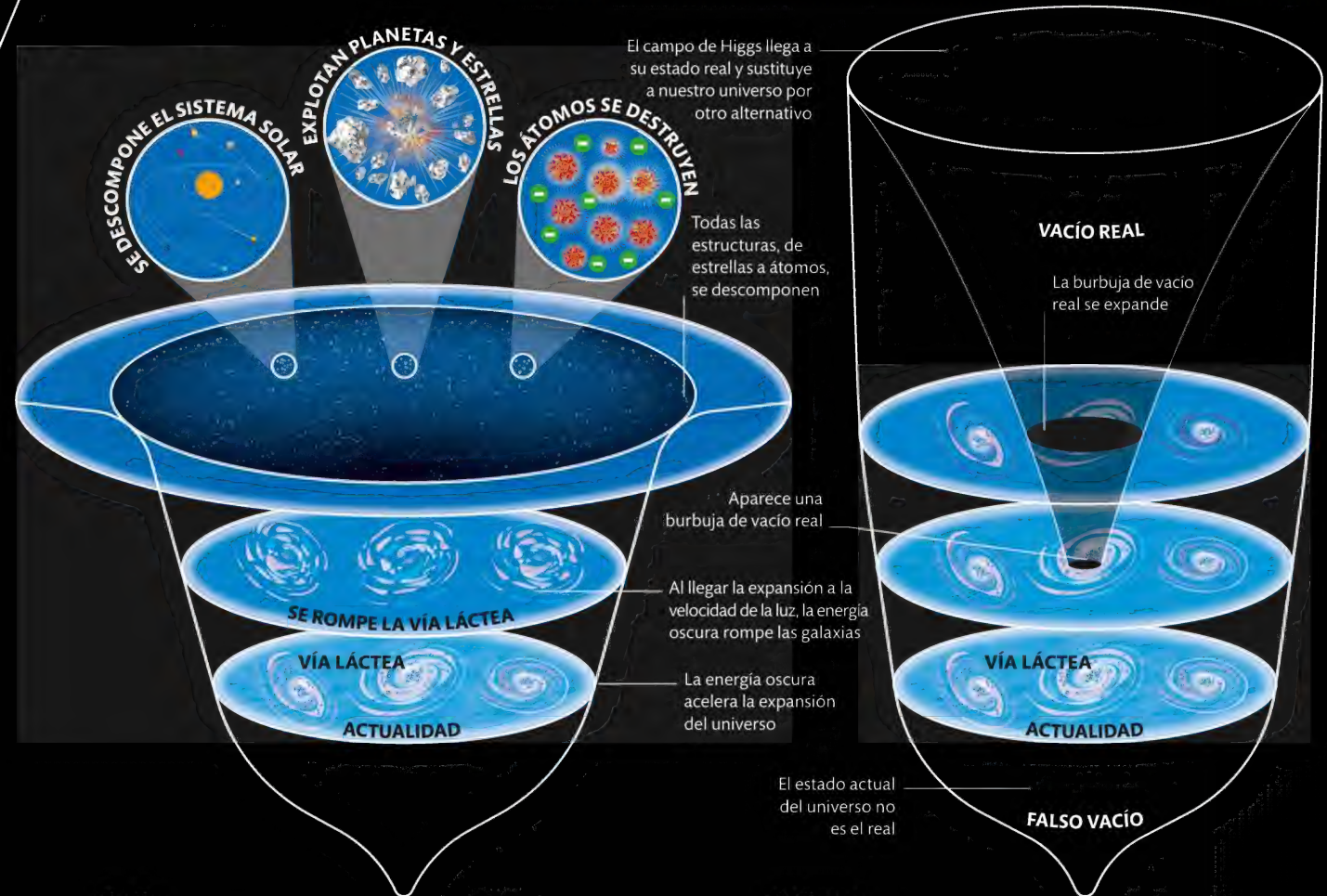
La teoría del Big Chill, o gran congelación, indica que el universo seguirá expandiéndose hasta que la energía y la materia se hayan repartido uniformemente en todo el universo, y como resultado no habrá suficiente energía para crear nuevas estrellas. Las temperaturas bajarán hasta el cero absoluto, las estrellas morirán y el universo quedará a oscuras.

Cómo acaba todo

Se desconoce cuál será el destino final del universo: ya sea colapsándose y desembocando en otro Big Bang, cerrándose de manera fría y silenciosa, acabando en un final violento, o creciendo infinitamente, los científicos solo pueden especular en este sentido.

¿CUÁNDO PODRÍA ACABAR EL UNIVERSO?

En la mayoría de las situaciones posibles el final del universo no llegará hasta dentro de miles de millones de años. Sin embargo, en teoría, el Big Change podría producirse en cualquier momento.



Big Rip

En una hipotética situación conocida como el Big Rip, o gran desgarramiento, el universo acabará rompiéndose. Si el espacio entre galaxias está lleno de energía oscura, que contrarresta los efectos de la gravedad, la expansión del universo continuaría a una velocidad cada vez superior hasta llegar a la velocidad de la luz. Como la gravedad ya no podría contenerlo, toda la materia del universo, incluidas las galaxias y los agujeros negros, e incluso el propio espacio-tiempo, se desgarraría.

Nuestro universo actual

El universo lleva en expansión constante desde su formación hace casi 14 000 millones de años. Las galaxias continúan separándose; las observaciones de supernovas distantes indican que la expansión se está acelerando. Estos datos implican la presencia de una fuerza de presión negativa, conocida como energía oscura (pp. 206-207), que contrarresta la gravedad. Si esta fuerza desempeña un papel significativo, la expansión infinita es el destino más probable de nuestro universo.

Big Change

La teoría del Big Change, o gran cambio, implica la partícula del bosón de Higgs y el campo de Higgs, algo así como un campo electromagnético omnipresente, del que se cree que no ha llegado a su estado de energía mínima o de «vacío». Cuando llegue a su estado de vacío real, el campo de Higgs podría fundamentalmente transformar la materia, la energía y el espacio-tiempo para crear un universo alternativo que crecería como una burbuja a la velocidad de la luz. Todo lo que ahora ocupa el universo desaparecería.

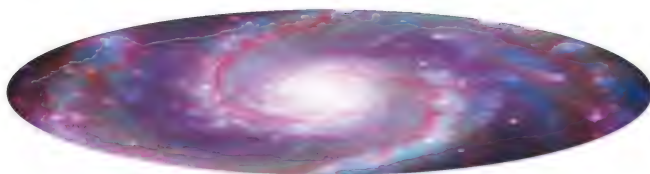
EL BOSÓN DE HIGGS
130

VECES

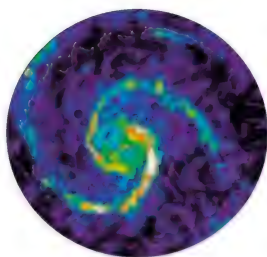
ALTAMENTE INESTABLE

Observar el universo

Los astrónomos han observado el espacio desde el principio de los tiempos, primero a simple vista y hoy con equipos capaces de detectar ondas de luz desde los lugares más remotos del espacio.

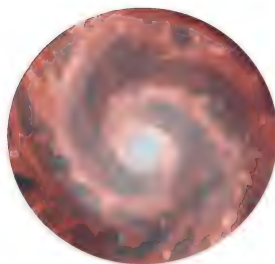


GALAXIA ESPIRAL



Ondas de radio

Muchos objetos emiten ondas de radio, las ondas de luz más largas, como el Sol, los planetas, muchas galaxias y las nebulosas. La mayoría cruzan la atmósfera terrestre y llegan a la superficie del planeta.



Luz infrarroja

La luz infrarroja es energía térmica, como por ejemplo el calor del Sol. Cualquier cosa del universo emite parte de su energía en forma de infrarrojos. La atmósfera de la Tierra absorbe la mayor parte.



Luz visible

Los astrónomos pueden ver objetos que emitan luz visible con telescopios desde la Tierra, pero se obtienen vistas mejores sin contaminación lumínica ni interferencia atmosférica.



Luz ultravioleta

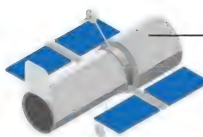
El Sol y las estrellas emiten luz ultravioleta (UV), que bloquea casi en su totalidad la capa de ozono de la Tierra. Estudiándola podemos conocer la estructura y evolución de las galaxias.

Por todo el espectro

Un objeto complejo, como una galaxia espiral, emite radiación en todo el espectro. Para investigarla, los astrónomos utilizan todo tipo de instrumentos.



La sonda WMAP determinaba la radiación de microondas para revelar la composición del universo primigenio



El telescopio Hubble ha tomado imágenes famosas de lejanas estrellas, nebulosas y galaxias capturando la luz infrarroja, visible y ultravioleta

600 KM

10 KM

El radiotelescopio produce imágenes con puntos que representan la intensidad de las ondas de radio



En el espectro visible, el rojo tiene la longitud de onda más larga y el violeta, la más corta

Los observatorios y telescopios en el suelo pueden ver objetos en el espacio que emiten luz óptica o visible

Parte de la radiación ultravioleta del Sol cruza la atmósfera y puede producir efectos nocivos, como quemaduras solares y cáncer de piel

Las longitudes de onda se miden de cresta a cresta

ONDAS DE RADIO

MICROONDAS

INFRARROJOS

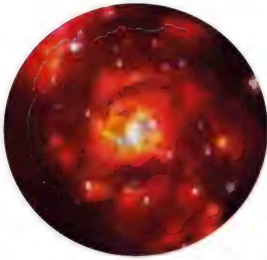
VISIBLE

ULTRAVIOLETA



Ver la luz

El espectro electromagnético es una serie continua de tipos de radiación, o de longitudes de onda diferentes, que se pueden describir todas como formas de luz. Incluye la luz visible, que se percibe en forma de colores según su longitud de onda, y diversas formas invisibles al ojo humano, como las ondas de radio y los rayos X. Todas cruzan el espacio a la velocidad de la luz.

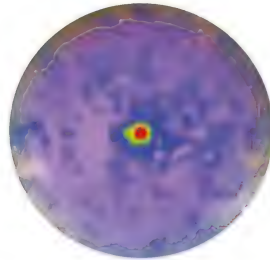


Rayos X

Los agujeros negros, estrellas de neutrones, sistemas binarios de estrellas, restos de supernovas, el Sol y otras estrellas y cometas emiten rayos X. La atmósfera de la Tierra bloquea la mayor parte.



Los ocho espejos del observatorio de rayos X Chandra enfocan los rayos X en un único punto, donde otros instrumentos capturan las imágenes

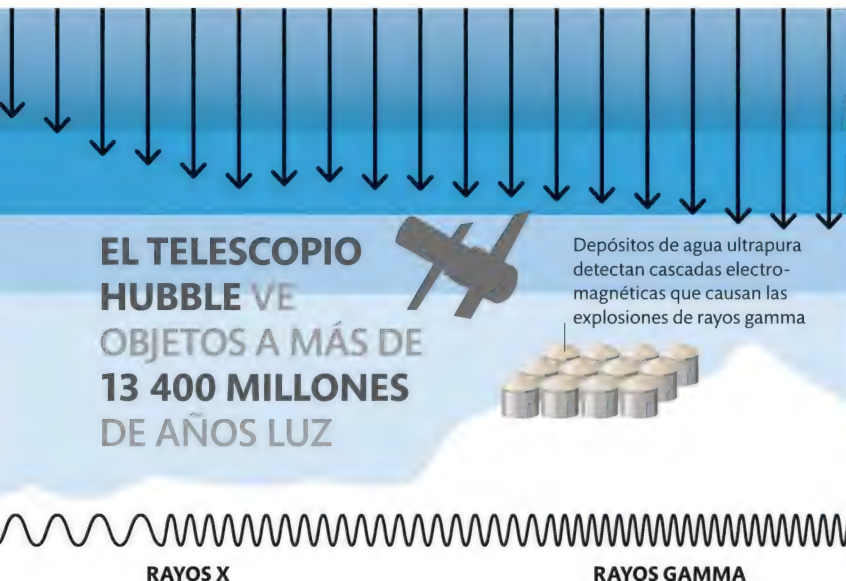


Rayos gamma

Los rayos gamma, las ondas más pequeñas y con más energía, provienen de las estrellas de neutrones, púlsares, explosiones de supernova y regiones cercanas a agujeros negros.



El telescopio Fermi tiene torres de metales y láminas de silicio para detectar rayos gamma



Espectroscopia

Los átomos de un elemento emiten luz a unas determinadas longitudes de onda cuando se calientan. En una técnica conocida como espectroscopia, la luz de un objeto se divide y a continuación se estudia el patrón de longitudes de onda, el espectro, para saber qué tipo de átomos contiene el objeto. Así saben los científicos de qué están hechos los objetos remotos.

ESPECTRO DE EMISIÓN DEL NEÓN



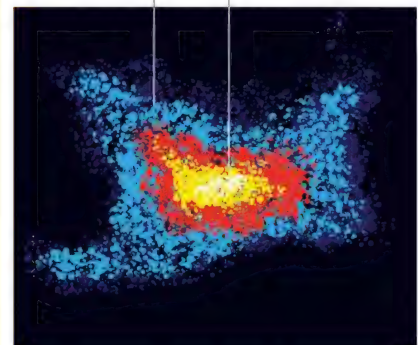
Las líneas corresponden a las emisiones de los átomos de neón en diferentes longitudes de onda

LONGITUD DE ONDA (NANÓMETROS)

IMAGEN EN FALSO COLOR

Nuestros ojos solo detectan la luz de una pequeña parte del espectro. Para realizar imágenes con la radiación recogida fuera de esos límites, los astrónomos usan los colores que vemos para representar los niveles de intensidad de radiación, en lo que se conoce como imagen en falso color.

UV de baja energía UV de alta energía



NEBULOSA EN ULTRAVIOLETA

¿Estamos solos?

Hemos hallado miles de planetas extrasolares, o exoplanetas: planetas fuera de nuestro sistema solar. Deben de haber decenas de miles de millones de planetas potencialmente habitables en nuestra galaxia. ¿Podríamos encontrar vida en otros mundos?

Encontrar otra Tierra

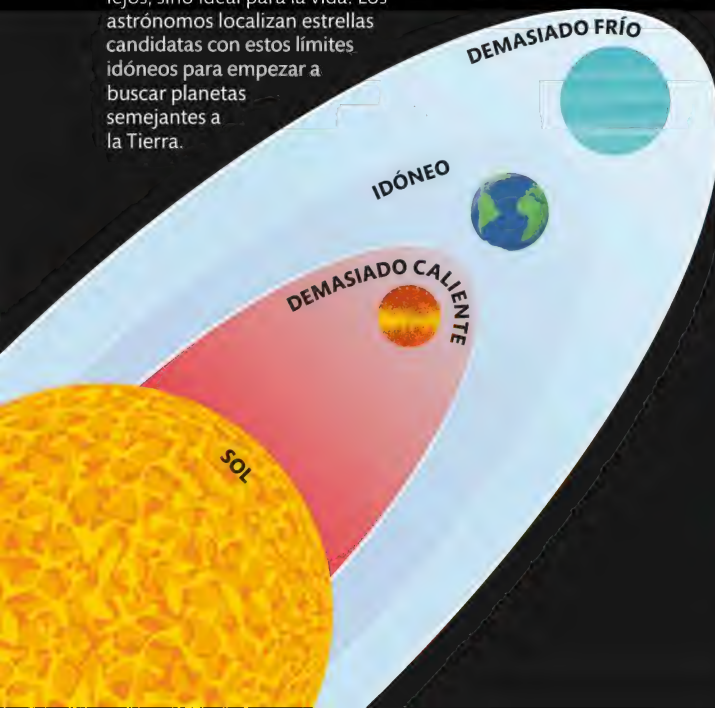
Se pueden detectar exoplanetas buscando los efectos que ejercen sobre sus estrellas. Si se detecta un planeta similar a la Tierra, podemos analizar su atmósfera para determinar la existencia de los elementos imprescindibles para la vida. Muchos de los exoplanetas descubiertos no se parecen en absoluto a la Tierra.

La zona Ricitos de Oro

La zona habitable se denomina zona Ricitos de Oro por el cuento infantil en el que Ricitos de Oro prefiere el plato de sopa que no está muy caliente ni muy fría, sino «a la temperatura perfecta». Un planeta Ricitos de Oro tendrá la temperatura perfecta para que su superficie tenga agua líquida, aunque para que evolucione la vida también deben darse otros criterios (ver abajo). Sin embargo, ahora se considera que fuera de estas zonas pueden existir grandes cantidades de agua líquida en la superficie.

Zonas habitables

La zona habitable cerca de una estrella está en un punto ni demasiado cerca ni demasiado lejos, sino ideal para la vida. Los astrónomos localizan estrellas candidatas con estos límites idóneos para empezar a buscar planetas semejantes a la Tierra.



GIGANTES GASEOSOS

Algunos exoplanetas son gigantes gaseosos, como Júpiter, que orbitan muy cerca de sus estrellas y presentan fenómenos meteorológicos atmosféricos extremos.

MUNDOS FUNDIDOS

Existen exoplanetas cuya superficie es de lava porque son planetas calientes nuevos, están muy cerca de sus estrellas o han sufrido una gran colisión.

MUNDOS DE HIELO

Estos mundos extraños son las versiones más grandes de las lunas de nuestro sistema solar y presentan superficies heladas de agua, amoníaco y metano.

¿Cuándo es habitable un planeta?

Existen varios criterios para que un planeta pueda albergar vida. La temperatura y el agua son cruciales.



Temperatura idónea

La superficie debe tener temperatura moderada: muy cerca de la estrella, el planeta hierve; muy lejos, se congela.



Agua en superficie

Debe haber humedad o agua líquida en superficie (o cualquier otro líquido capaz de realizar una función parecida).



Sol constante

La estrella más cercana debe ser estable y brillar el tiempo suficiente para que evolucione la vida en un planeta rocoso.



Elementos

Deben estar presentes las piezas básicas de la vida, como carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno y azufre.



Giro e inclinación

Un planeta que gire sobre un eje inclinado tiene días, noches y estaciones, lo que evita temperaturas extremas regionales.



Atmósfera

Una atmósfera densa protegerá contra la radiación, evitará la fuga de gases y mantendrá el calor.



Núcleo fundido

Un planeta con núcleo líquido puede generar un campo magnético para proteger la vida ante la radiación espacial.



Masa suficiente

Un planeta con la masa suficiente ejerce la gravedad necesaria para retener su atmósfera.



Búsqueda de vida inteligente

Una forma de detectar vida inteligente es escuchar. SETI (del inglés de búsqueda de inteligencia extraterrestre) es una organización que busca señales de radio u ópticas que demuestren una vida alienígena evolucionada. Los radiotelescopios buscan señales de radio de banda estrecha que puedan ser artificiales. También se buscan destellos de luz muy breves, de nanosegundos. Hasta hoy no se han detectado señales verificables.

Ecuación de Drake

El astrónomo Frank Drake propuso esta ecuación en 1961 para calcular el número de civilizaciones capaces de comunicarse que pueden existir en nuestras galaxias.

SETI

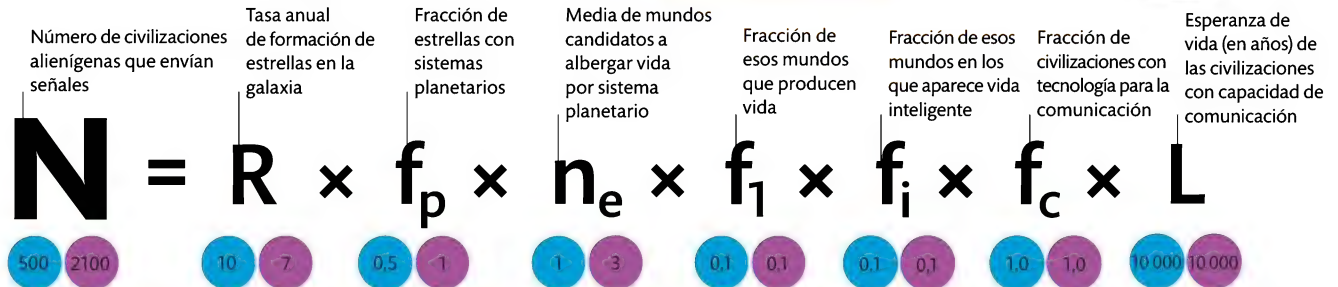
La matriz de telescopios Allen de SETI, en California, capta áreas concretas del cielo basándose en los datos del telescopio espacial Kepler, dedicado a la búsqueda de exoplanetas.

Antena de radio



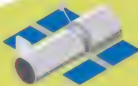
LEYENDA

- Cálculos de Drake en 1961
- Cálculos recientes



¿Dónde están?

Existen miles de millones de planetas potencialmente idóneos para albergar vida; además, ha pasado tiempo suficiente desde la formación de la Vía Láctea para que una civilización colonice alguno. ¿Por qué no nos hemos puesto en contacto aún? Es posible que la vida sea de hecho tan rara que realmente estemos solos en el universo.



La paradoja de Fermi

El físico Enrico Fermi destacó la aparente contradicción entre la alta probabilidad de que existan civilizaciones extraterrestres y la ausencia de pruebas de su existencia.

Con la expansión del universo quizá estemos demasiado lejos en el espacio o el tiempo.

Estamos demasiado lejos

Quizá no escuchemos las cosas adecuadas o el tiempo suficiente, ya que los alienígenas quizá se comunican de maneras imaginables.

No estamos escuchando

Es posible que las civilizaciones se destruyan al llegar a un momento concreto... o destruyan otras vidas inteligentes.

La vida inteligente se autodestruye

Las otras civilizaciones se están ocultando o no tienen la tecnología avanzada necesaria para comunicarse con nosotros.

Somos incapaces de detectar vida

Los alienígenas deciden no contactar con nosotros quizá porque creen que no sería beneficioso para nosotros o para ellos.

Nos ignoran

La vida alienígena es tan diferente que no somos capaces de identificarla, aunque la descubramos.

No reconocemos la vida inteligente al verla



SE HA CONFIRMADO
LA EXISTENCIA DE MÁS
DE 3500 EXOPLANETAS

Vuelo espacial

Las naves espaciales son proyectiles con trayectorias balísticas derivadas de una explosión inicial. Están en caída libre, a merced de la gravedad de los grandes cuerpos celestiales, aunque algunas pueden ajustar ligeramente su curso.

Caída libre por el espacio

Las naves espaciales, tras su lanzamiento, realmente no vuelan, sino que caen. Los astronautas en el espacio continúan bajo la influencia de la gravedad (de la Tierra o del Sol), pero experimentan la ingravidez mientras caen hacia estos cuerpos. Un objeto espacial en órbita cae alrededor de la Tierra pero no colisiona porque su velocidad de avance, junto con la gravedad, produce una trayectoria curvada, que sigue la curvatura de la Tierra.

Destino: Marte

Por raro que parezca, es más eficiente viajar hasta Marte cuando está en su punto más alejado, o en «oposición» respecto del Sol entre Marte y la Tierra, ya que es más fácil viajar por una elipse con la curva de la órbita terrestre en un extremo y la órbita de Marte en el otro.

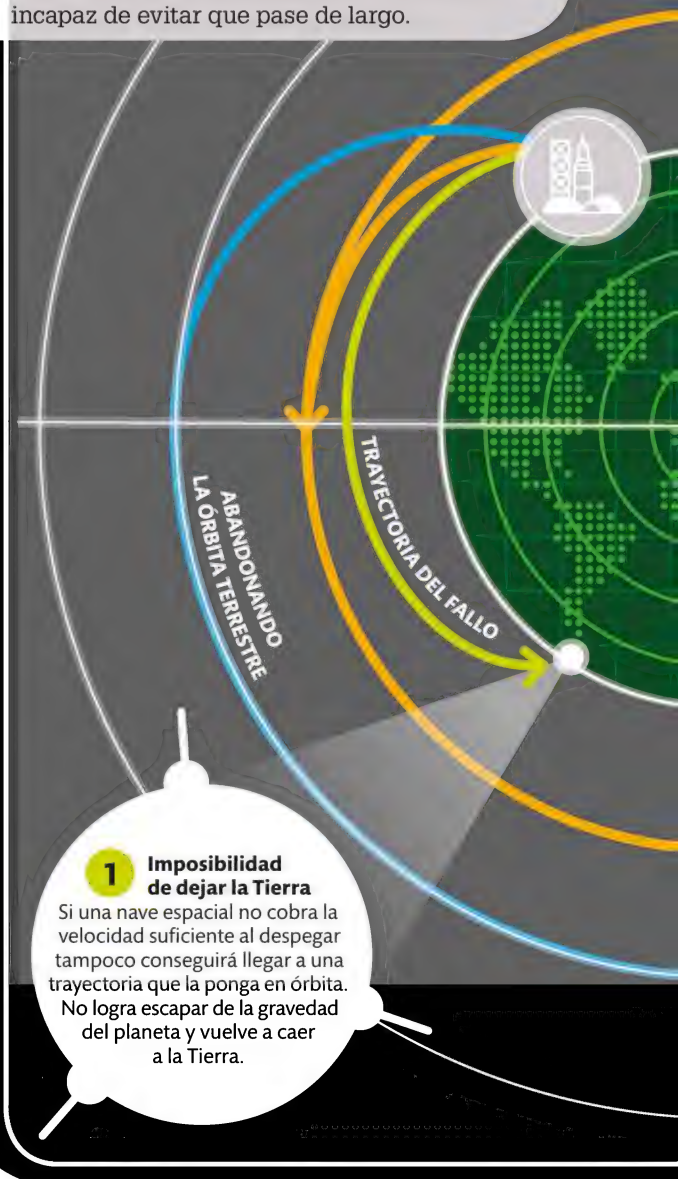


LA VOYAGER 2 USÓ LA GRAVEDAD DE NEPTUNO PARA FRENAR Y TOMAR IMÁGENES DE SU LUNA, TRITÓN



Velocidad de escape

Cualquier objeto que llegue a la velocidad suficiente escapa de la gravedad de la Tierra y traza una curva abierta en el espacio para caer sobre otro cuerpo celestial. La trayectoria de lanzamiento y la velocidad iniciales son cruciales: por ejemplo, si se lanza hacia la Luna a demasiada velocidad, quizá no podrá frenar al llegar y la débil gravedad de la Luna será incapaz de evitar que pase de largo.





3 Abandonar la órbita terrestre

Solo con la cantidad justa de potencia al despegar, la nave espacial puede escapar de la atracción de la gravedad terrestre y describir una trayectoria que la acerque a la Luna de manera controlada.

2 Alcanzar la órbita terrestre

Una nave espacial lanzada a la velocidad idónea llega a una trayectoria que la sitúa en órbita terrestre. Mantiene su posición al alcanzar una velocidad orbital que contrarresta la fuerza de la gravedad de la Tierra.

Hondas

Una nave que viaje por el espacio puede ahorrar tiempo y combustible con una órbita alrededor de un planeta para cambiar de dirección, acelerar o frenar.

La gravedad del planeta tira de la nave; cuanto más se acerque a la superficie del planeta, mayor será la velocidad acumulada. Esta maniobra se conoce como efecto honda o asistencia gravitatoria.

Múltiples asistencias

La sonda interplanetaria Voyager 2 aprovechó el efecto honda con Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno para poder acabar llegando al sistema solar exterior.

VOYAGER 2



Neptuno

Urano

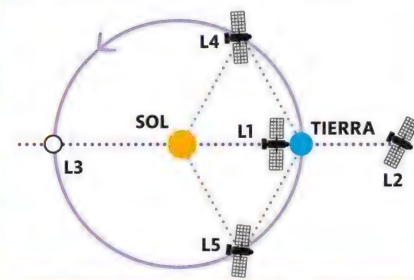
Saturno

Júpiter

Despegue

APARCAMIENTOS

Los cinco puntos de Lagrange (L1-L5) son puntos en el espacio en que un objeto puede mantener una posición estable en relación con dos grandes cuerpos gracias a sus fuerzas gravitatorias combinadas. Un objeto en L1 está sujeto a la misma tracción del Sol que de la Tierra. Son posiciones ideales para «aparcar» satélites en el espacio.

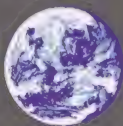


Vida en el espacio

El espacio es un entorno hostil y extraño. En el vacío, los astronautas no tienen atmósfera protectora que los proteja de la radiación y deben lidiar con la ingravidez aparente por la caída libre. Incluso lo que se cree constante, como el tiempo, no lo es del todo.

Mundo ingrávigo

Los astronautas y todo lo que hay en la nave espacial está en caída libre, ya sea en órbita «cayendo alrededor» de la Tierra o en una órbita mayor cayendo alrededor del Sol. En estas condiciones, el cuerpo humano vive bajo muchas presiones (pp. 218-219) y los materiales se comportan de manera muy diferente: por ejemplo, el agua no fluye y el aire caliente no sube. Por eso la seguridad y la salud de los astronautas implica una cuidadosa preparación y una considerable adaptación de su entorno y su comportamiento habituales.



Vida en el espacio

El día a día a bordo de una nave espacial es complicado, pero los astronautas intentan mantener las rutinas diarias que llevaban en la Tierra para conservar la forma física y mental.



Lavabos espaciales

Los lavabos usan tubos aspiradores y convierten la orina en agua potable. Las heces se almacenan, no se tiran, para que no se conviertan en proyectiles espaciales.



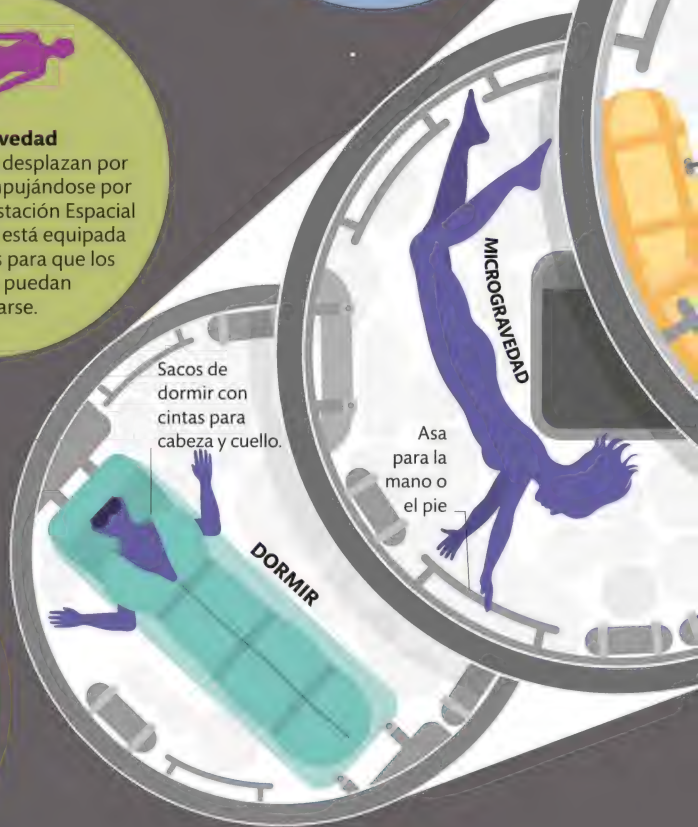
Microgravedad

Los astronautas se desplazan por la nave espacial empujándose por las superficies. La Estación Espacial Internacional (ISS) está equipada con asas y gomas para que los astronautas puedan equilibrarse.



Fuego

En el espacio el aire caliente no sube, y las llamas arden en forma de esfera. En caso de incendio, los astronautas deben ajustar en seguida la ventilación y usar extintores.



LA PARADOJA DE LOS GEMELOS

Un gemelo deja la Tierra y, tras viajar a una velocidad cercana a la de la luz o cerca de un potente campo gravitatorio, regresa y ve que su hermano ha envejecido. La relatividad especial (pp. 140-141) explica cómo la experiencia del tiempo que ha vivido el viajero espacial ha sido más lenta en relación con la de su gemelo.



ANTES DEL VIAJE ESPACIAL



DESPUÉS DEL VIAJE ESPACIAL



Dormir en el espacio

Sin gravedad no existe la sensación de estar estirado. Los astronautas se atan dentro de sacos de dormir y fijan sus brazos. También es posible fijar la cabeza del astronauta para que descansé el cuello.



Aire inmóvil

Sin ventilación, el aire no circula y el dióxido de carbono se acumula alrededor de la cabeza y el cuerpo queda rodeado de aire caliente. El sudor no se evapora.



Agua

El agua no fluye, sino que forma esferas por la tensión superficial. Los astronautas se duchan en seco y se lavan con toallitas. Beben con pajitas o unos vasos de diseño especial.

¿CUÁNTO SE PUEDE VIVIR EN EL ESPACIO?

No hemos encontrado nuestro límite aún. El récord lo tiene Valeri Polyakov, el cosmonauta ruso que estuvo en la estación espacial MIR durante 437 días en 1994-1995.



Alimentos

Los astronautas añaden líquido a los alimentos deshidratados para poder comerlos. Bandejas y utensilios se fijan con cintas en el regazo; la tensión superficial hace que los alimentos se queden en los platos y no floten.



UN ASTRONAUTA PUEDE CRECER **HASTA UN 3 %** VIVIENDO EN EL ESPACIO

La radiación en el espacio

La radiación son partículas cargadas y ondas electromagnéticas (EM) que viajan por el espacio. La atmósfera terrestre detiene la mayoría de la radiación, pero cuando los astronautas viajan más allá de la órbita baja terrestre, empieza a ser un grave riesgo. La radiación puede ser ionizante o no ionizante. La primera puede restar electrones a los átomos, lo que hace que las células mueran, pierdan capacidad de reproducirse o presenten mutaciones.



Radiación atrapada

Las partículas cargadas atrapadas en el campo magnético de la Tierra causan esta forma ionizante de radiación. Las áreas de radiación atrapada por encima de una órbita terrestre baja se conocen como los cinturones de radiación de Van Allen.



Radiación de partículas solares

Las partículas energéticas que libera la superficie del Sol causan radiación ionizante. Es posible protegerse ante esta radiación con materiales protectores en los trajes de astronauta y su equipo.



Radiación ultravioleta

La radiación ultravioleta (UV) no es ionizante: las partículas transmiten energía a los átomos, pero no les quitan electrones. La radiación UV se desvía fácilmente con visores reflectantes y trajes opacos fuera de la nave.



Radiación cósmica galáctica

Esta radiación ionizante incluye rayos cósmicos, partículas cargadas de alta energía, cuyo origen podría estar en supernovas, y radiación EM de alta energía, como rayos X de objetos como estrellas de neutrones. Estos requieren una gruesa protección.

Viajar a otros mundos

El viaje espacial afecta de manera significativa al cuerpo y la mente: los astronautas sufren diversas incomodidades físicas y riesgos potenciales para su salud. Los viajeros que quieran colonizar un nuevo planeta deberán estar bien preparados y tomar medidas para minimizar los riesgos.

¿ACORTA LA VIDA VIAJAR POR EL ESPACIO?

La exposición a la radiación es el aspecto más peligroso de los viajes espaciales, pues puede acortar la vida por daños en el sistema inmunitario y aumentar el riesgo de cáncer.

Se reduce la densidad ósea por la falta de tensión mecánica necesaria para mantener la salud de los huesos.

Los músculos esqueléticos se atrofian sin ejercicio bajo los efectos habituales de la gravedad

Se debilita el sistema inmunitario, lo que aumenta el riesgo de infección o afecciones autoinmunes.

La ingravidez y la desorientación provocan el síndrome de adaptación espacial

La ausencia de día y noche altera los patrones del sueño. En la Estación Espacial Internacional el Sol sale y se pone 16 veces cada 24 horas

El músculo cardíaco pierde fuerza debido al menor esfuerzo

La descompresión espinal provoca dolor de espalda

Se pierde capacidad mental al alterarse el riego sanguíneo del cerebro

Los líquidos se acumulan en la parte superior del cuerpo por la ausencia de gravedad

Los cambios en la presión arterial de los ojos afectan a la vista

El cuerpo humano en el espacio

El cuerpo humano está diseñado para vivir con la gravedad terrestre, por eso la ingravidez lo afecta negativamente. La falta de estrés físico y de ejercicio resulta en la pérdida rápida de masa ósea y muscular y un peor funcionamiento cardiovascular. Sin gravedad, los líquidos del cuerpo quedan redistribuidos por la parte superior del cuerpo, lo que provoca problemas de vista y un aumento de la presión arterial.

La salud del astronauta

Los efectos secundarios negativos de la vida en el espacio pueden afectar casi todas las partes del cuerpo humano. Una buena forma física y mental es básica para cualquier viajero espacial.





REDUCIR AL MÍNIMO LOS EFECTOS NEGATIVOS

El ejercicio es fundamental para mantener la densidad ósea y la masa muscular; por eso los astronautas se ejercitan dos horas al día con sesiones cardiovasculares en bicicletas y cintas. Los astronautas ejercitan especialmente la parte inferior del cuerpo, que se deteriora más rápido en condiciones de baja gravedad.

La actividad estimula el corazón y ejercita los músculos de la parte inferior del cuerpo



Preparar el terreno

Una nave no tripulada podría instalar un reactor nuclear para producir metano (combustible) con el dióxido de carbono del aire con hidrógeno de la Tierra. El proceso produciría agua, que podría almacenarse o dividirse en hidrógeno y oxígeno.



Llegar a destino

Una nave espacial llegaría a Marte en 180 días. La tripulación tendría que quedarse allí un año y medio antes de que se abriera la ventana de lanzamiento para la vuelta. La nave aterrizaría en una zona con probabilidad de tener agua.



Obtener agua

Marte está lleno de agua, pero congelada en campos de hielo o infiltrada en el suelo. Podría extraerse calentando el suelo; también se podría encontrar agua salada o caliente geotérmica líquida bajo tierra.



¿Podríamos colonizar Marte?

Podríamos viajar a Marte en una nave relativamente pequeña con la tecnología que nos llevó a la Luna. Aunque la autosuficiencia plena en Marte es improbable a corto plazo, los primeros colonos podrían vivir en gran parte de la riqueza del planeta, e incluso fabricar elementos para comerciar con la Tierra.



Terraformación de Marte

Marte es frío y seco, pero tiene los elementos necesarios para albergar vida. Se podría conseguir creando una atmósfera al subir sus niveles de dióxido de carbono para crear efecto invernadero que haría subir la temperatura.



Cultivar alimentos

El suelo marciano es muy fértil. Se podrían cultivar plantas en cúpulas con agua y dióxido de carbono. Las plantas producirían oxígeno, y la materia vegetal no comestible se usaría como abono.



Casa de ladrillos

El primer alojamiento podría ser de metal trenzado con plástico transportado a Marte en una nave espacial. Más adelante podrían levantarse edificios de obra, pues el suelo marciano es perfecto para fabricar ladrillos y mortero.

LA ATMÓSFERA
DE MARTE TARDARÍA
UNOS 900 AÑOS EN
SER RESPIRABLE



LA TIERRA

Cómo es la Tierra

La Tierra es uno de los cuatro pequeños planetas rocosos que orbitan cerca del Sol. Se formó gracias a la fuerza de la gravedad, y resultó ser un mundo dinámico, formado por varias capas con un interior abrasador, una corteza rocosa fría, amplios océanos de agua líquida y una atmósfera gaseosa.

¿Cómo se formó?

El Sol se formó hace 4600 millones de años; estaba rodeado de una nube de escombros de roca y hielo en forma de disco que orbitaban a su alrededor. Los fragmentos se atraían entre sí gracias a la gravedad y se unieron en un proceso conocido como acreción hasta formar grandes masas, que crecieron hasta convertirse en la Tierra y el resto de los planetas del sistema solar. El calor de este proceso creó la estructura de capas de la Tierra.

Los escombros rocosos se acumulan y forman objetos más grandes

Objetos del tamaño de la Luna chocan y se unen para formar el planeta



Al principio, el planeta estaba muy caliente

1

Planeta en crecimiento

Cualquier objeto físico tiene gravedad y atrae a otros objetos. Los grandes objetos que formaron la Tierra se atrajeron con tanta fuerza que la energía del impacto se convirtió en calor, hasta el punto de que los fundió y soldó juntos.

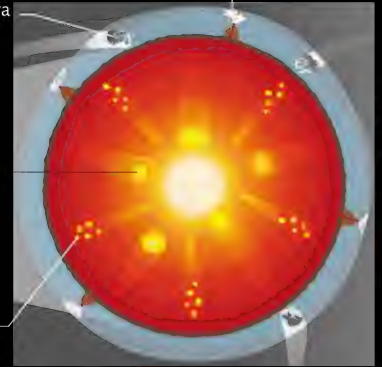
¿CÓMO PUEDE PERMANECER SÓLIDA LA ROCA CALIENTE?

Las rocas del interior de la Tierra están más calientes que la lava volcánica, pero están sometidas a una presión tan intensa que las solidifica.

Si la presión bajara, se fundirían.

Los impactos de cometas aportaron hielo a la Tierra

Volcanes colosales emanaban vapor de agua y otros gases



El material más ligero quedó en la superficie

2

Fusión y capas

Al crecer la Tierra por acreción, la energía del impacto generó suficiente calor para fundir el planeta entero. El material más pesado se hundió hasta el centro para formar su núcleo metálico, envuelto por capas profundas de rocas más ligeras.

Océanos y continentes

La corteza oceánica consiste principalmente en basalto y gabro, rocas densas y ricas en hierro parecidas a las rocas aún más densas del manto inferior. Con el tiempo, los volcanes y otros fenómenos han acumulado gruesas capas de roca rica en silicio, como el granito, que han formado los continentes. Esta gruesa corteza continental es menos densa que las rocas del manto y por eso flota en su superficie igual que los icebergs en los océanos polares. Por eso los continentes están muy por encima del lecho oceánico.

La corteza oceánica es más densa y fina que la continental

La corteza continental es más ligera y gruesa que la oceánica





3 Tierra actual
Tras la fusión inicial, el planeta y sus capas se enfriaron lo suficiente para tener océanos de agua líquida. Gran parte de la roca se solidificó, pero el núcleo externo se mantuvo líquido.

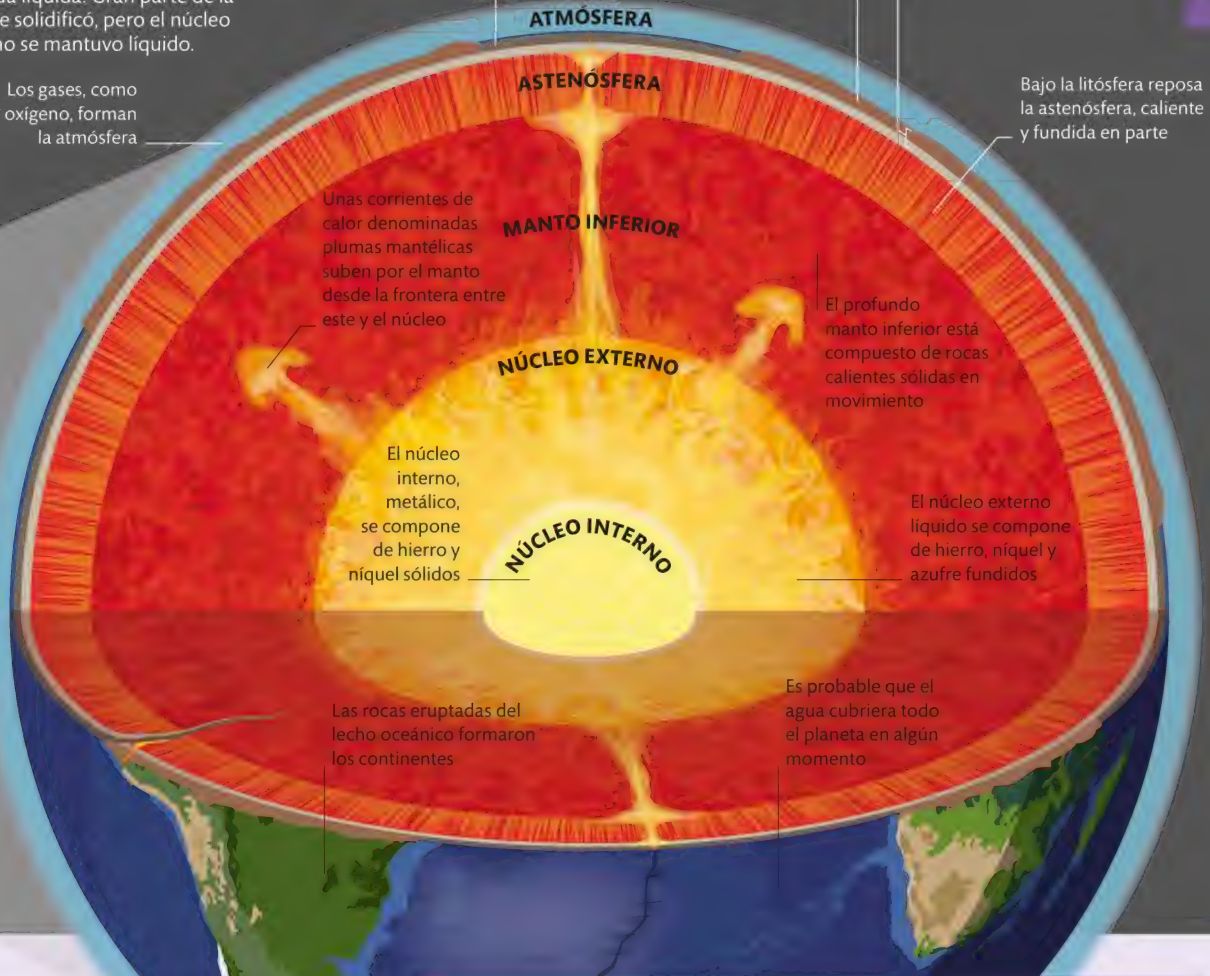
Los gases, como el oxígeno, forman la atmósfera

Bajo el lecho oceánico se encuentra la fina corteza oceánica, compuesta por roca densa rica en hierro

La gruesa corteza continental consiste en roca relativamente ligera y rica en silicio

La fría corteza y el manto superior forman la rocosa litósfera

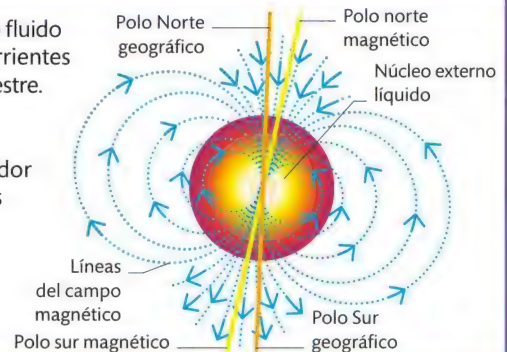
Bajo la litósfera reposa la astenósfera, caliente y fundida en parte



5500 °C
TEMPERATURA DEL NÚCLEO INTERNO DE LA TIERRA Y DE LA SUPERFICIE DEL SOL

POLOS EN MOVIMIENTO

El núcleo externo metálico fluido se mueve gracias a las corrientes de calor y la rotación terrestre. Este movimiento genera electricidad y crea un campo magnético alrededor del planeta, más o menos alineado con el eje de la Tierra. Sin embargo, su posición no es fija y puede oscilar hasta 50 km por año.



Tectónica de placas

La litósfera terrestre (su frágil corteza y la capa superior del manto) se divide en secciones denominadas placas tectónicas. El calor del núcleo terrestre mantiene estas placas en movimiento constante, separándolas o juntándolas para mover continentes, levantar montañas y provocar volcanes espectaculares.

¿A QUÉ VELOCIDAD SE MUEVEN LAS PLACAS?

Las placas se mueven, en general, a la misma velocidad que te crecen las uñas. El rift más rápido, la dorsal del Pacífico oriental, se abre menos de 16 cm por año.

LA DORSAL MESOATLÁNTICA MIDE 16 000 KM



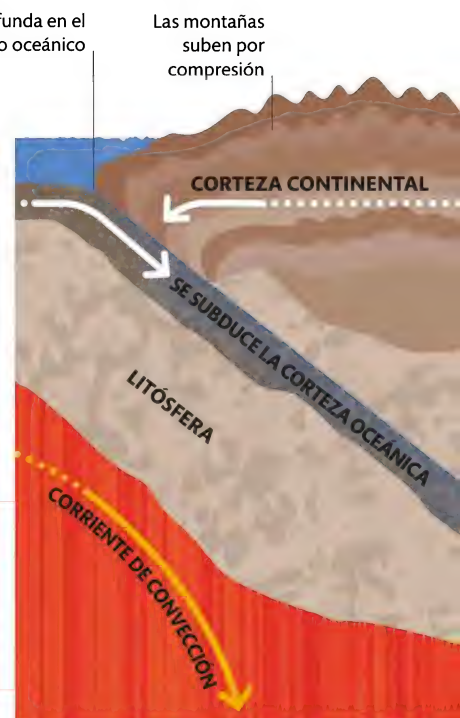
Zona de subducción oceánica

Cuando coinciden dos placas de corteza oceánica, la placa más pesada pasa por debajo de la otra y se funde en el manto. Así se forman las profundas fosas del océano, como la fosa de las Marianas en el Pacífico.



Zona de dorsal mediooceánica

Se forman largos rifts en el lecho oceánico cuando se separan dos placas, lo que libera algo de presión de las calientes rocas que quedan por debajo y pueden fundirse, erupcionar y formar nueva corteza oceánica, como en la dorsal mesoatlántica.



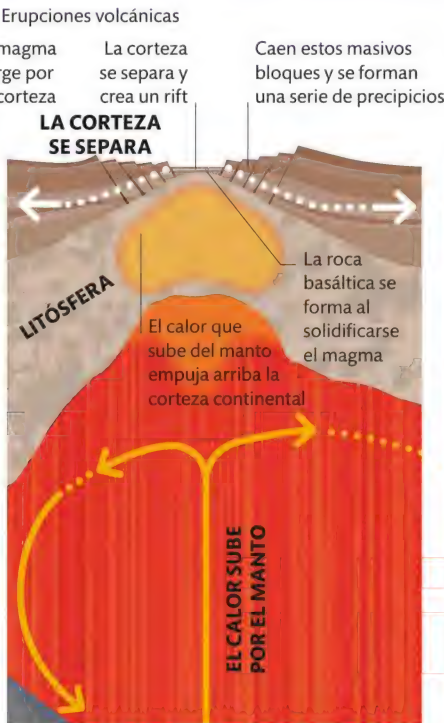
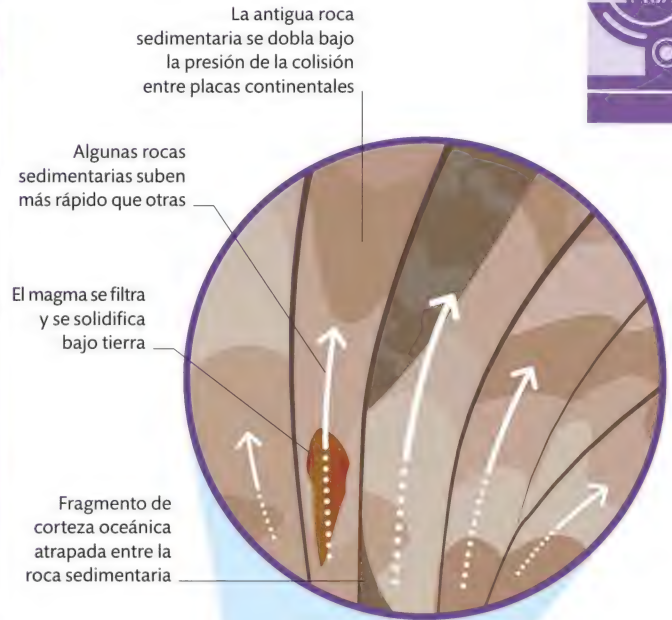
Subducción oceánica-continental

Cuando chocan placas con corteza oceánica y continental, la corteza oceánica, más pesada, baja. La corteza continental se comprime y forma montañas, como los Andes.



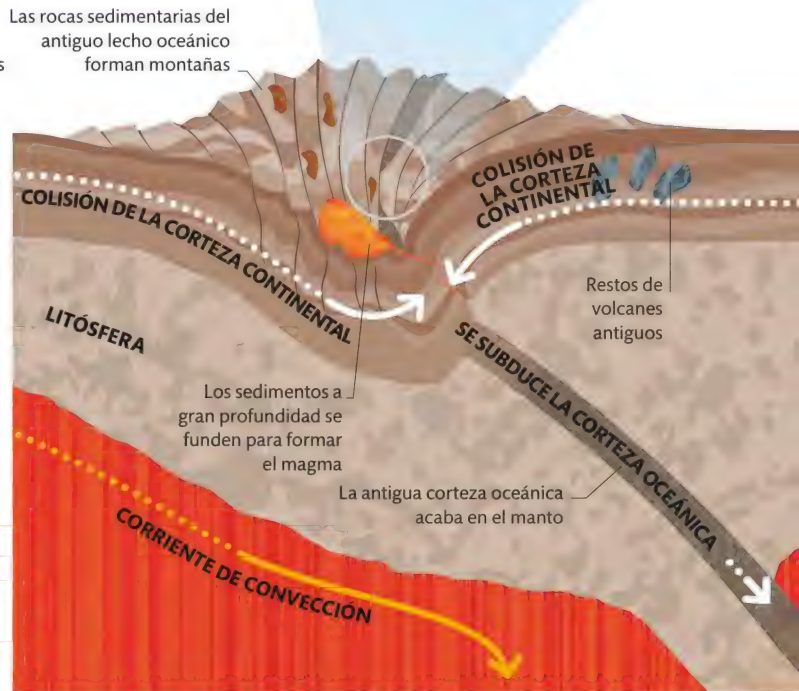
CONTINENTES A LA DERIVA

Como los continentes están sobre placas tectónicas móviles, su movimiento sin pausa los desplaza por el globo, lo que significa que los continentes se separan y se juntan constantemente de diferentes maneras. En un momento concreto existió un supercontinente conocido como Pangea. Se creó hace unos 300 millones de años y se rompió al cabo de 130 millones de años. Los continentes continuarán moviéndose y volviéndose a formar.



Zona de rift continental

Los procesos geológicos tras los rifts continentales son los mismos que los de las dorsales oceánicas. Los bloques de corteza se separan y crean largos valles de rift rodeados por precipicios (como en el valle del Rift en África oriental).



Zona de colisión

Cuando la subducción oceánica-continental empuja dos bloques de corteza continental entre sí, desaparecen los antiguos océanos y volcanes y se comprimen los sedimentos del lecho oceánico para formar cordilleras. El Himalaya reposa sobre este tipo de borde.

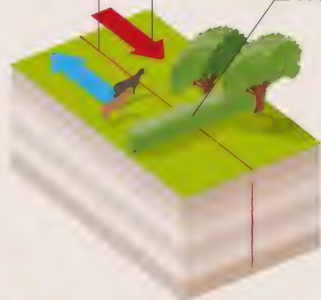
¿Qué es un terremoto?

Cuando las placas se empujan entre sí, se acumula tensión en la falla que se forma entre ellas. Esta tensión distorsiona el borde de las placas hasta que las rocas ceden y rebotan hasta su posición anterior. Si pasa a menudo, el rebote es pequeño y solo provoca leves temblores. No obstante, si la falla está bloqueada durante más de un siglo, las rocas podrían cambiar varios metros en cuestión de segundos y desatar así un violento terremoto.

La falla forma una gran cicatriz en el paisaje

Movimiento de la placa

Línea de vegetación sobre la falla



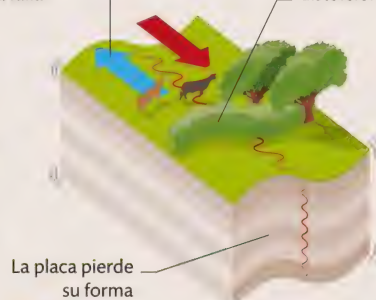
1

En la línea de falla

Esta falla transformante marca el límite entre dos placas que rozan entre sí. Cada placa avanza tan solo 2,5 cm por año.

La placa continúa moviéndose muy lentamente

La vegetación revela la distorsión



2

Rocas bajo presión

Al cabo de varias décadas las placas siguen moviéndose igual, pero la falla ha quedado bloqueada, lo que ha distorsionado las placas y acumulado tensión.

¿CUÁL ES EL TERREMOTO MÁS FUERTE QUE SE HA REGISTRADO?

El terremoto más fuerte registrado hasta la fecha tuvo lugar el 22 de mayo de 1960 en Chile: llegó hasta 9,5 en la escala de Richter y el tsunami que provocó alcanzó Hawái, Japón y Filipinas.

Terremotos

Las placas tectónicas están en movimiento constante, pero a veces sus irregulares bordes se enganchan hasta que se acumula la tensión suficiente para separarlos y generar las ondas de choque que provocan los terremotos.

Desatar un tsunami

Cuando una placa tectónica roza con otra en el lecho oceánico, la capa superior se distorsiona y su borde se desplaza abajo. Cuando las rocas ceden, la placa distorsionada se estira de repente y empuja una gran ola que cruza rápidamente el océano. En el mar abierto la ola es larga y baja, pero al llegar a aguas poco profundas puede crecer hasta convertirse en un devastador tsunami.

La placa oceánica empuja hacia el este

La placa continental empuja hacia el oeste

Falla bloqueada



1

Falla bloqueada

Una profunda fosa oceánica cerca de tierra es una zona de subducción donde el lecho oceánico avanza bajo el continente, pero la falla entre las placas está bloqueada.

Zona rocosa costera doblada hacia arriba

Baja la zona de la falla bloqueada



2

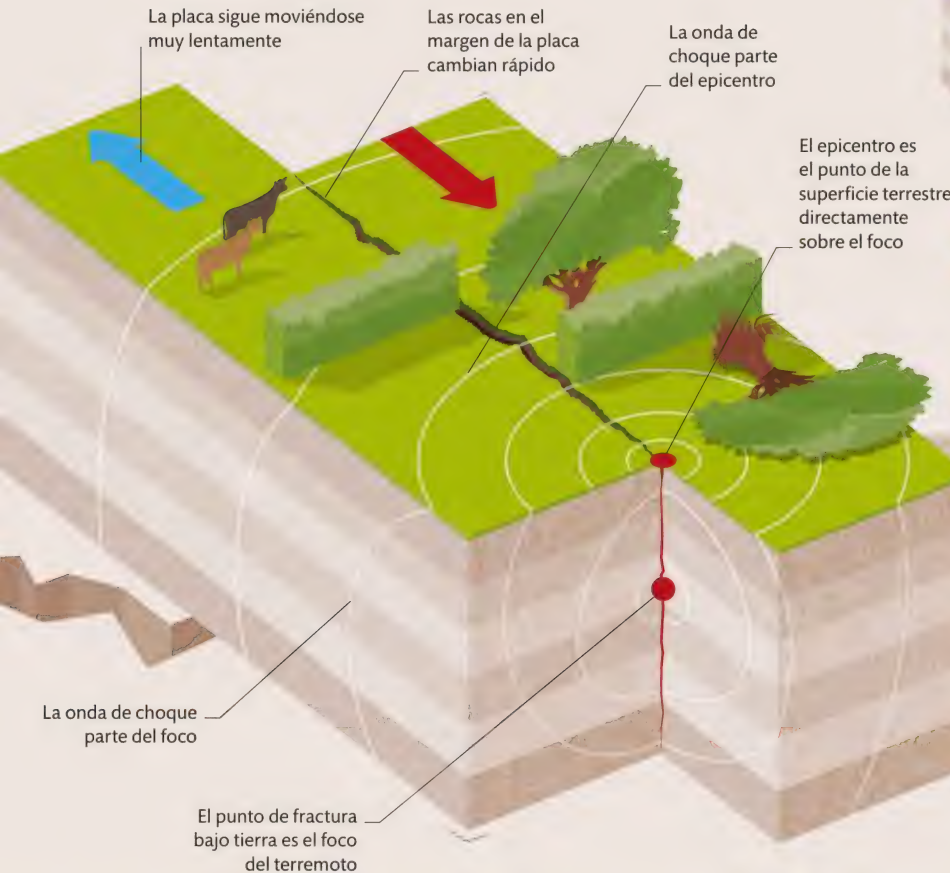
Placa distorsionada

Al quedar atrapado por la falla bloqueada, el borde sumergido de la placa continental también se desplaza abajo, lo que distorsiona la placa, y la región costera sube.



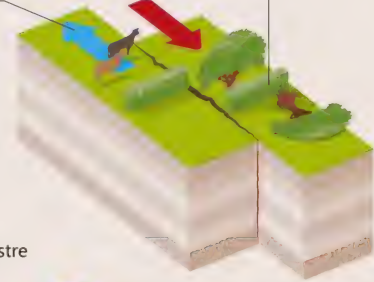
3 Rotura y rebote

Al cabo de un siglo, la falla cede ante la presión. En cuestión de minutos ambas placas pueden ceder hasta 2,5 m y generar ondas de choque que parten desde puntos bajo el suelo (el foco) y en la superficie (el epicentro).



Ambas placas siguen moviéndose igual que antes

La vegetación no está alineada sobre la falla



4 Tras el terremoto

Tras el terremoto principal y sus réplicas, las rocas ya no están bajo presión. Sin embargo, las placas siguen moviéndose y, por lo tanto, vuelve a empezar el ciclo.

500 000

TERREMOTOS

TIENEN LUGAR

CADA AÑO, PERO

MEÑOS DE UN

CENTENAR

PROVOCAN DAÑOS



El tsunami recibe un empujón por debajo

El borde de la placa rebota hacia arriba

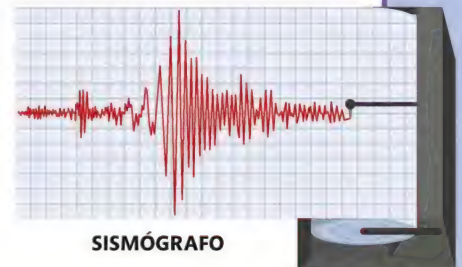


3 Liberación y subida

Cuando la falla se rompe, el borde de la placa continental rebota arriba y provoca un tsunami, que aparece en la costa, más baja porque la placa se ha estirado.

MEDICIÓN DE TERREMOTOS

Los destructivos terremotos se miden con la escala de magnitud de momento, que ha sustituido a la antigua escala de Richter porque las mediciones realizadas aportan a los científicos una imagen más precisa de la energía liberada en los casos más potentes. Los datos se recogen con unos instrumentos, los sismógrafos, que producen sismogramas para ilustrar el grado de movimiento de las placas.



SISMÓGRAFO

Volcanes

La roca fundida y el gas salen a la superficie por grietas conocidas como chimeneas volcánicas, normalmente encerradas en un cráter cóncavo. La mayoría se producen cerca de los bordes de placas tectónicas, pues son producto de las fuerzas que las rompen o las hacen chocar.

¿Por qué se forman los volcanes?

Existen tres tipos principales de volcán: algunos erupcionan en rifts entre placas continentales u oceánicas divergentes. Otros, con diferentes tipos de lava, erupcionan sobre zonas de subducción, donde una placa roza por debajo contra otra. El tercer tipo es producto de puntos calientes del manto que provocan una fusión local de la roca justo por debajo de la corteza, normalmente lejos de los bordes de placa.



Volcán de rift

Cuando las placas se separan entre sí, el manto sufre menos presión y parte de su caliente roca se funde y erupciona en forma de lava basáltica fluida, encargada de formar anchos volcanes en escudo al salir.

Puede formarse en el aire una enorme nube de diminutas partículas de cristal y roca

Llueve ceniza volcánica de la nube; las partículas más pesadas se quedan cerca del cráter

A veces surge lava de las chimeneas laterales del volcán

¿QUÉ VOLCANES SON LOS MÁS PELIGROSOS?

No lo son los más activos, sino los que apenas presentan erupciones: pues acumulan una inmensa presión en su interior que puede causar unas explosiones catastróficas.



Volcán de zona de subducción

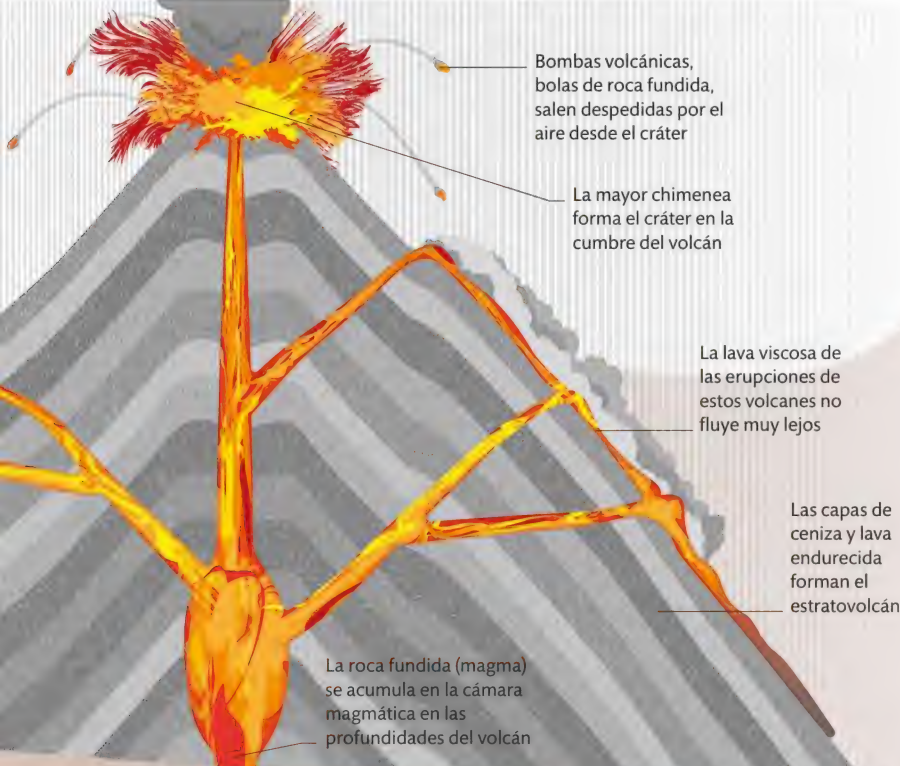
La corteza oceánica que baja en las zonas de subducción contiene agua que altera la naturaleza de la roca caliente y la funde. En estos volcanes la roca fundida erupciona en forma de espesa lava viscosa.

El agua hierve en las rocas superiores y las funde



¿Cómo es un volcán por dentro?

Un volcán de zona de subducción tiene un cono muy inclinado, denominado estratovolcán, compuesto por capas de lava y ceniza volcánica, que erupciona lava pegajosa que a menudo bloquea el cráter y provoca erupciones explosivas que expulsan bombas volcánicas.



Tipos de erupción

Los volcanes erupcionan de diferentes maneras según la naturaleza de su lava. La lava fluida de los volcanes de rift y puntos calientes causa fisuras relativamente silenciosas y erupciones hawaianas. La lava más pegajosa es más explosiva y provoca erupciones estrombolianas, vulcanianas, peleanas y plinianas.



Volcanes de punto caliente

Este tipo de volcanes se deben a corrientes aisladas de calor, o plumas mantélicas bajo la corteza. El movimiento de las placas por encima del punto caliente puede crear cordilleras volcánicas, como las de Hawái y las islas Galápagos.

El calor que sube por el manto forma un punto caliente bajo el lecho oceánico



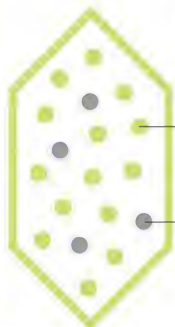
EL **90%** DE
LA ACTIVIDAD
VOLCÁNICA
TIENE LUGAR
BAJO EL AGUA

DATAR ROCAS

Se puede saber la edad de algunas rocas ígneas si se analizan cristales con elementos muy radiactivos, pues se descomponen en elementos más ligeros a una velocidad conocida (p. 37) y su proporción indica el tiempo transcurrido desde la formación del cristal.

Si el cristal forma parte de una roca sedimentaria, esta técnica data el cristal, y no la roca.

Por suerte estas rocas se pueden fechar por la edad de cualquier fósil que contengan.



Los átomos de uranio de un cristal se descomponen en plomo a una velocidad constante.

La proporción entre átomos de plomo y de uranio indica la edad del cristal

CRISTAL DE CIRCIÓN

Ciclo de las rocas

Las rocas se componen de mezclas de minerales, como cuarzo o calcita. Algunas son muy duras, otras más blandas, pero con el tiempo todas se erosionan y se transforman en tipos diferentes de roca en lo que se conoce como el ciclo de las rocas.

Transformación constante

Cuando la roca fundida se enfría, sus minerales se cristalizan (solidifican) y forman varios tipos de dura roca ígnea sólida. Con el tiempo, la erosión las descompone en finos sedimentos que formarán las capas de las rocas sedimentarias. El calor y la presión las transforma en rocas metamórficas, más duras. Si quedan enterradas a una gran profundidad se funden y vuelven a enfriar para formar más rocas ígneas.

¿CUÁL ES LA ROCA MÁS ANTIGUA DE LA TIERRA?

La edad de unos cristales de circión de la región de Jack Hills, en Australia occidental, se ha datado en 4400 millones de años, ¡casi tanto como la edad de la Tierra (4500 millones de años)!





Océanos

La Tierra es un planeta predominantemente azul: la mayor parte de su superficie está cubierta por océanos: Pacífico, Atlántico, Índico, Ártico y Antártico. Sin embargo, el agua circula por todos ellos sin distinción alguna.

EN LA FOSA DE LAS MARIANAS DEL OCEANO PACÍFICO CABRÍA EL EVEREST, Y AÚN QUEDARÍAN 2000 M HASTA LA SUPERFICIE



¿POR QUÉ EL AGUA DEL MAR ES SALADA?

El agua de lluvia que ha caído sobre la tierra durante millones de años ha llevado sales minerales hacia el mar, que le dan su gusto salado al agua de mar.

OCÉANO ABIERTO

¿Qué es un océano?

Los océanos son algo más que grandes masas de agua, sino que son producto de las fuerzas de la tectónica de placas (pp. 224-225). Cuando las placas de la corteza terrestre se separan, se forma nueva corteza. La corteza oceánica está mucho más abajo que la corteza continental (p. 222), más gruesa y ligera, y forma el lecho oceánico. Si las placas se unen bajo el agua, una se subduce bajo la otra y aparecen profundas fosas oceánicas. Los mares de la plataforma continental, los mares costeros situados sobre placas continentales, son mucho menos profundos que los verdaderos océanos.

El lecho oceánico auténtico, la llanura abisal, está a 3000-6000 m por debajo de las olas

Los escombros y partículas de roca erosionados de los continentes se acumulan en la base de la corteza continental y a lo largo de la llanura abisal

LLANURA ABISAL

OCÉANOS EN MOVIMIENTO

Los vientos crean las potentes corrientes de superficie por los océanos que llevan agua fría a los trópicos y agua cálida hacia los polos, y se vinculan con corrientes de agua profunda impulsadas por el agua fría y salada bajando hacia el lecho oceánico. Juntas, estas corrientes transportan el agua oceánica por todo el mundo en una red denominada a veces la cinta transportadora global.

El agua es más fría y más salada, se hunde y crea una corriente de aguas profundas



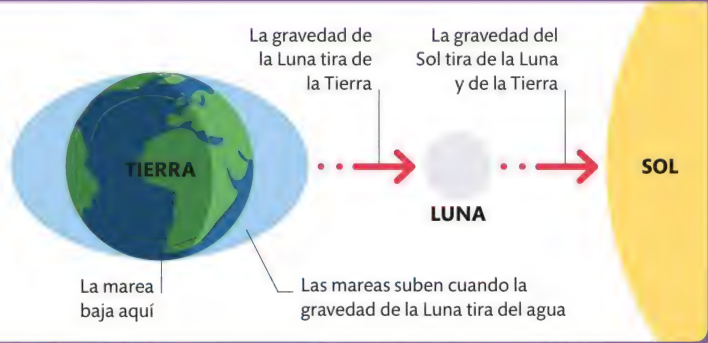
El agua profunda y fría desplazada sube por fuerza a la superficie, donde se une a las corrientes más cálidas

CORRIENTES OCEÁNICAS



¿POR QUÉ SUBEN Y BAJAN LAS MAREAS?

La gravedad de la Luna tira del agua de los océanos hasta convertirla en un óvalo con dos mareas. Con la rotación de la Tierra, las mareas suben y bajan en las costas marinas, que experimentan a diario las mareas altas y bajas. Cuando la Luna se alinea con el Sol en luna nueva y luna llena, la gravedad combinada de ambos provoca mareas más grandes. En Luna creciente y menguante, la tracción gravitatoria de la Luna está en ángulo recto con el Sol y las mareas son más suaves.



MAR DE PLATAFORMA CONTINENTAL

LÍNEA DE COSTA

El lecho marino se solapa con la barrera continental al bajar hasta el lecho oceánico

Lecho del mar de la plataforma continental, normalmente a menos de 150 m bajo de la superficie

PLATAFORMA CONTINENTAL

El borde del continente forma el talud continental, que se desploma hasta una profundidad mínima de 2500 m

TALUD CONTINENTAL

EMERSIÓN CONTINENTAL

SEDIMENTOS

CORTEZA OCEÁNICA

CORTEZA CONTINENTAL

Olas

El viento sopla sobre el océano y crea olas en su superficie. Cuanto más potente sea el viento y más tiempo dure, mayores serán las olas, igual que lo serán cuanto más lejos viajen. Las moléculas de agua describen una ruta circular, por eso las olas nos empujan hacia arriba y adelante cuando nos atrapan y después bajamos y vamos atrás cuando la ola pasa.



1

Aguas abiertas

En el mar, las olas hacen que el agua se mueva hacia arriba y adelante, y abajo y atrás. El agua describe una ruta circular.

2

Las olas crecen

Las moléculas de agua rebotan en el lecho marino y hacen que la ola sea más corta e inclinada al acercarse a la orilla.

3

Rompen las olas

Cuando el lecho marino es menos profundo, las rutas son más elípticas y la cresta de la ola se hace tan alta que acaba tumbándose y rompiendo.

Atmósfera terrestre

La Tierra está rodeada por gases que protegen su superficie de la pernicioso radiación solar y retienen el calor por la noche, lo que hace posible la vida. La circulación del aire por la atmósfera inferior causa los fenómenos meteorológicos.

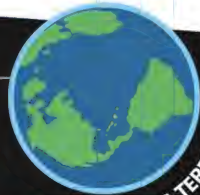
¿Qué es la atmósfera?

La atmósfera está compuesta por gases, principalmente nitrógeno, oxígeno, argón y dióxido de carbono. Se divide en capas definidas por su temperatura: algunas capas se enfrían con la altura, mientras que otras se calientan por la capacidad que tienen algunos gases de absorber los rayos del Sol. La mayor parte del aire se concentra en su capa inferior, la troposfera; su densidad disminuye con la altura: a tan solo 10 km por encima del nivel del mar hay tan poco aire que es imposible vivir.

¿POR QUÉ LA ATMÓSFERA NO SE VA HACIA EL ESPACIO?

La gravedad mantiene las partículas de gas cerca de la superficie de la Tierra. La Luna, mucho más pequeña, tiene menos gravedad y es incapaz de retener su atmósfera.

La atmósfera es una capa relativamente fina alrededor de la Tierra



ATMÓSFERA TERRESTRE

CAPAS DE LA ATMÓSFERA

80-600 KM

600-10 000 KM

Exosfera

La capa más exterior de la atmósfera se funde con el espacio, no tiene un borde definido. Las partículas del aire están tan dispersas que ni interactúan.

Muchos satélites artificiales orbitan el planeta por la exosfera



TEMPERATURA

Termosfera

Por encima de la mesosfera, la termosfera cubre una descomunal distancia. Su temperatura aumenta con la altura hasta un máximo de 2000 °C, porque los gases de esta capa absorben los rayos X y la luz ultravioleta del Sol.

Las moléculas absorben rayos X y luz ultravioleta e irradian calor

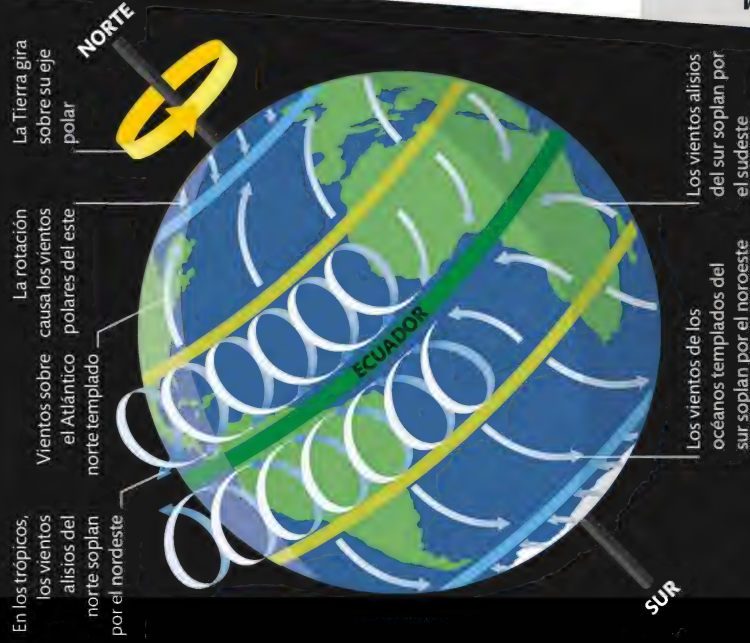
Los átomos de oxígeno y nitrógeno cargados de radiación solar brillan y provocan auroras

LA TERMOSFERA PUEDE LLEGAR HASTA LOS 2000 °C

Giros y desvíos

En la troposfera el aire cálido sube, se desplaza hacia los lados, se enfría y baja. Estos patrones de circulación distribuyen el calor por todo el globo (pp. 240-241).

La rotación terrestre hace que el aire en circulación se desvíe y no vaya recto. Al norte del ecuador el flujo de aire se desvía hacia la derecha, mientras que al sur lo hace hacia la izquierda. Esto se conoce como el efecto Coriolis y tiene como resultado que el aire de cada patrón de circulación viaje en espiral por el globo.



Espirales globales

La circulación del aire en espiral que sopla cerca de la superficie de la Tierra provoca los vientos constantes. Estos vientos se dejan notar más sobre los océanos.

Mesosfera

En la mesosfera la temperatura del aire es estable al principio, pero disminuye con la altura. En su punto más frío puede estar por debajo de -100°C .

Los gases de esta capa son lo bastante espesos para frenar los meteoritos y hacer que se incendien.

50-80 KM

Estratosfera

Esta región de fino aire seco tiene una temperatura estable hasta unos 20 km de altura; después cada vez es más cálida porque absorbe la energía solar. La estratosfera contiene la capa de ozono.

CAPA DE OZONO

Los globos meteorológicos llegan hasta la estratosfera inferior, más arriba que cualquier avión o ave

Una capa de gas ozono absorbe la radiación solar ultravioleta

El calor absorbido por la capa de ozono se irradia y crea un espacio cálido

La temperatura baja con la altura

Troposfera

La capa baja es el aire que respiramos; pero a veces suben hasta la estratosfera para evitar turbulencias en la troposfera

Los aviones suelen volar por la troposfera, pero a veces suben hasta la estratosfera para evitar turbulencias en la troposfera

Las nubes se forman en la troposfera

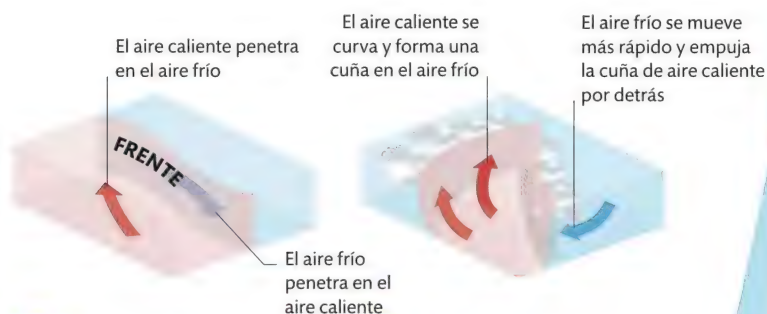
16-50 KM

0-16 KM

RADIACION DEL SOL

La meteorología

La meteorología es el estado de la atmósfera en un lugar y momento concretos. Cambia constantemente porque el Sol evapora la humedad en el aire caliente, que sube y forma nubes. Este proceso crea los sistemas giratorios de baja presión, o ciclones, que provocan viento y lluvia, contrarrestados por la calma de los anticiclones.



1 Frío y calor

A menudo los ciclones se forman sobre océanos templados donde las masas de aire caliente húmedo y tropical chocan con el aire frío polar. Un frente es la región donde chocan ambas masas.

2 Empieza la rotación

Ambas masas se mueven en rutas curvadas debido a la rotación terrestre en un fenómeno conocido como efecto Coriolis. Estas rutas curvadas siguen un patrón giratorio y las masas de aire giran en espiral.

Nacimiento de un ciclón

Cuando el húmedo aire caliente sube, crea una zona de baja presión que tira del aire a su alrededor en una espiral denominada ciclón, o depresión. El aire sube y pasa por encima del aire más frío y denso que hace que su humedad se condense en forma de nubes y lluvia. El aire, que percibimos como viento, es más potente cuando el aire caliente sube con mucha energía. En los trópicos genera las potentes tormentas conocidas como ciclones tropicales, huracanes o tifones.

NIEVE

Si las gotitas de las nubes suben lo bastante, forman microscópicos cristales de hielo. El agua que se congela en los cristales los agrupa en copos de nieve, que forman esponjosas masas más grandes que caen en forma de nieve.



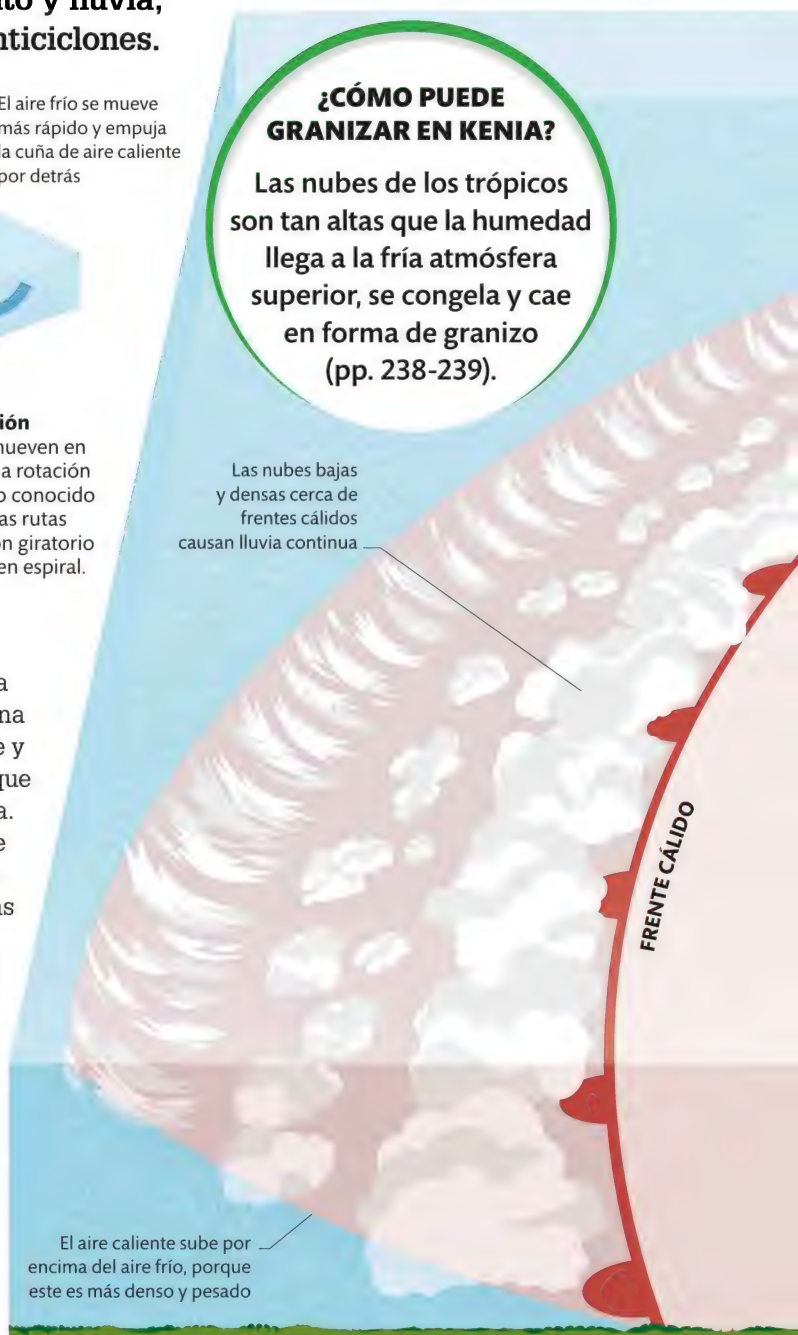
¿CÓMO PUEDE GRANIZAR EN KENIA?

Las nubes de los trópicos son tan altas que la humedad llega a la fría atmósfera superior, se congela y cae en forma de granizo (pp. 238-239).

Las nubes bajas y densas cerca de frentes cálidos causan lluvia continua

FRENTE CÁLIDO

El aire caliente sube por encima del aire frío, porque este es más denso y pesado





LA PRECIPITACIÓN FUERA DE LOS TRÓPICOS ES CASI SIEMPRE EN FORMA DE NIEVE Y SE FUNDE AL CAER

Los cirros, nubes tenues y altas, son el primer signo del avance de un frente cálido

Aire absorbido de las áreas de alta presión

Los símbolos indican la dirección en la que se mueve el frente

Los vientos transportan todo el sistema meteorológico entero en esta dirección

FRENTE FRÍO

3

Frentes cálidos y fríos

Al ampliar la sección transversal lateral del ciclón se observa que el avance del aire caliente lo sitúa por encima del aire frío para formar un «frente cálido» móvil con un gradiente poco inclinado. El aire más frío que avanza por detrás empuja el aire caliente por debajo y lo obliga a formar un «frente frío» más pronunciado.

DIRECCIÓN DEL VIENTO

La cuña de aire frío obliga al aire caliente y húmedo a subir y crear nubes altas

Las nubes altas provocan aguaceros

Cuando los frentes chocan, se combinan para formar un único frente ocluido y la cuña de aire caliente abandona el suelo

Los ciclones giran en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio sur (y al contrario en el norte)

El aire sube en espiral

CICLÓN (SISTEMA DE BAJA PRESIÓN)

4

El aire caliente abandona el suelo

El frente frío se suele mover más rápido que el caliente, lo asalta y levanta el aire caliente del suelo: esto es una oclusión, que se percibe en forma de nube en espiral. A partir de este momento el ciclón empieza a perder energía y deshincharse.

Anticiclones

Cuando baja el aire frío y crea una zona de alta presión del aire, este gira hacia el exterior en forma de espiral: es un anticiclón. El descenso del aire no deja subir el vapor de agua ni formar nubes, por eso el cielo suele ser azul y soleado. Las diferencias de presión son muy bajas en un anticiclón, por eso el viento sopla poco y el tiempo es suave y estable.

Los anticiclones giran suavemente en espiral en la dirección contraria a los ciclones

El aire frío se calienta al bajar

ANTICICLÓN (SISTEMA DE ALTA PRESIÓN)

Las fuertes corrientes ascendentes pueden elevar el núcleo de la nube hasta la estratosfera

Gran parte de la nube deja de subir y se reparte por los lados, empujada por el viento

Meteorología extrema

Los fenómenos meteorológicos más extremos se producen por la acumulación de humedad en el aire en forma de enormes nubes de tormenta, los cumulonimbos. Las poderosas corrientes de aire dentro de estas nubes desatan rayos, granizo e incluso tornados.

Supernubes

Los cumulonimbos son mucho más grandes que las otras nubes, cubren casi desde el suelo hasta la parte superior de la troposfera (p. 235). Son producto de la intensa evaporación de la humedad del suelo o la superficie del océano.

Cuando el vapor sube y se enfría, se condensa en forma de gotitas de agua para formar nubes gigantes y liberar energía en forma de calor (p. 117).

El calor calienta el aire, que sube aún más, recoge más vapor de agua que se condensa y libera todavía más energía... y así continúa el ciclo.

Al final la nube puede llegar a más de 10 km de altura.

1 Cargada

Las potentes corrientes ascendentes del interior de la nube, rodeadas por aire frío descendente, desplazan arriba y abajo las gotitas de agua y los cristales de hielo y generan electricidad estática (pp. 78-79) que carga a la nube como si fuera una batería gigante.

Las corrientes de aire caliente ascendente pueden capturar los cristales de hielo que caen y volver a subirlos

La humedad adicional vuelve a congelarse a mayor altura

AIRE FRÍO DESCENDENTE

La nube descarga su electricidad, que cruza el aire en forma de rayo

El calor generado por el rayo hace que el aire se expanda de manera explosiva y provoque las ondas de choque que captamos en forma de trueno

2 **Cómo se forma el granizo**
Las potentes corrientes ascendentes hacen subir de nuevo a los cristales de hielo. Acumulan más humedad, que se congela en forma de capa superior a mayor altura. Este fenómeno se repite varias veces: el granizo se forma por la acumulación de capas de hielo.

El granizo capturado por las corrientes ascendentes acumula más humedad

El desplome del aire frío hace caer el granizo, más pesado —

¿QUÉ ES UN HURACÁN?

La intensa evaporación de los océanos tropicales forma colosales sistemas de nubes alrededor de las zonas de baja presión (p. 236). El aire gira en su interior a gran velocidad y causa el potente viento del huracán.

AIRE CALIENTE ASCENDENTE

3 **Caída del granizo**
Al final el granizo es demasiado grande y pesado para las corrientes ascendentes y acaba cayendo al suelo.

TORNADOS

En algunos lugares del mundo, las masas giratorias de aire frío y caliente crean descomunales cumulonimbos arremolinados conocidos como supercélulas. El aire ascendente en rotación a gran velocidad puede concentrarse en un pequeño vórtex, o tornado, con la potencia suficiente para destruir una casa.

EL GRANIZO
TAMAÑO
PUÑO

El clima y las estaciones

La luz solar y el calor se concentran en los trópicos y se dispersan cerca de los polos. El calor causa las corrientes de aire de la atmósfera que crean las zonas climáticas.

PARTE SUPERIOR DE LA TROPOSFERA



Células de circulación

En los trópicos, el fuerte calor evapora el agua de los océanos. Cuando el aire cálido y húmedo sube, crea una banda de baja presión conocida como zona de convergencia intertropical (ZCI) y se enfría. El vapor de agua se condensa en gigantescas nubes y provoca lluvia intensa. El aire, ahora seco y frío, fluye hacia las zonas subtropicales, baja y causa la alta presión que impide la lluvia. Esta célula de circulación es la célula de Hadley. Hay dos células más, la de Ferrel y la polar, con efectos similares en regiones más frías.



TIERRA

Las áreas de la ZCI tienen lluvia abundante

Los árboles son muy altos por la lluvia casi constante



Trópicos

El aire húmedo ascendente cerca del ecuador propicia grandes nubes de tormenta que provocan intensas lluvias diarias, magníficas para el crecimiento de las selvas tropicales. Los árboles producen vapor de agua, así que hasta cierto punto son responsables de crear su propio clima.

Paisajes yermos y rocosos por la falta de lluvia

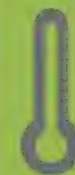
Los cactus se adaptan a los climas áridos



Subtrópicos

El aire ecuatorial ascendente llega a la parte superior de la troposfera y fluye plano hasta que se enfría y baja sobre los subtrópicos. Este aire descendente no permite la formación de nubes y la aparición de la lluvia. Así se crean desiertos como el Sahara.

Las áreas cerca de la zona subtropical suelen tener el cielo despejado



LOS SATÉLITES CAPTARON 70,7 °C EN EL DESIERTO DE LUT, IRÁN: LA MAYOR TEMPERATURA REGISTRADA

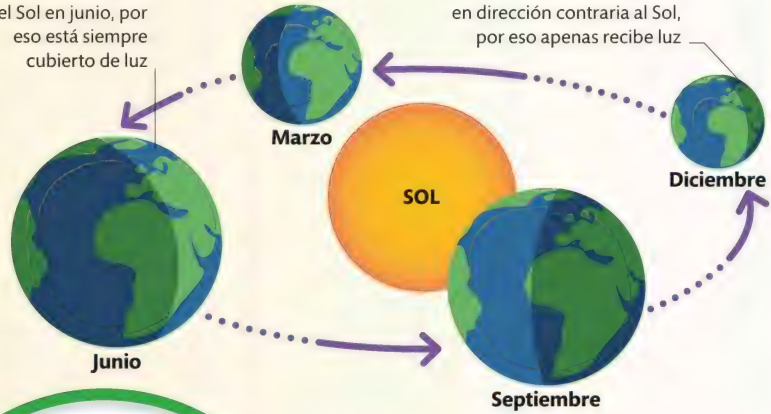


Ciclos estacionales

El eje de rotación de la Tierra está inclinado, por eso las latitudes polares y templadas se acercan y se alejan del Sol y tienen verano e invierno. Cerca de los polos las estaciones son más extremas. La ZCI también se desplaza hacia el norte y el sur para cambiar entre estaciones tropicales húmedas y secas. Las estaciones monzónicas se producen por el cambio de la dirección del viento que aporta aire húmedo de los océanos, acompañado de lluvias intensas.

El Ártico mira hacia el Sol en junio, por eso está siempre cubierto de luz

En diciembre el Ártico mira en dirección contraria al Sol, por eso apenas recibe luz



¿CUÁL ES EL LUGAR MÁS SECO DE LA TIERRA?

Los valles secos de McMurdo, en la Antártida, llevan sin lluvia ni nieve unos dos millones de años. Su paisaje es de roca pelada y grava.

Regiones polares

El aire frío seco cae sobre las regiones polares y forma desiertos fríos. Se aleja de los polos a baja altura, se calienta y recoge humedad. En las regiones templadas, el aire ascendente subtropical lo arrastra arriba y vuelve a volar hacia los polos a gran altura.



Las áreas cerca del frente polar suelen presentar nubes

El aire frío y seco fluye hacia el ecuador

CÉLULA DE FERREL

El aire cálido y húmedo sube

FRENTE POLAR

Baja presión

El aire cálido y húmedo sube

CÉLULA POLAR

El aire frío baja y se aleja del polo

Alta presión

CÍRCULO POLAR

Regiones templadas

En las regiones templadas, el aire cálido de los subtrópicos a baja altura choca con el aire polar más frío, lo que lo hace subir, formar nubes y lluvia, especialmente cerca de los océanos. La lluvia crea bosques y praderas.



LA MAYOR PRECIPITACIÓN EN UN DÍA FUE EN LA ISLA REUNIÓN SE REGISTRARON 1870 MM EN 1952

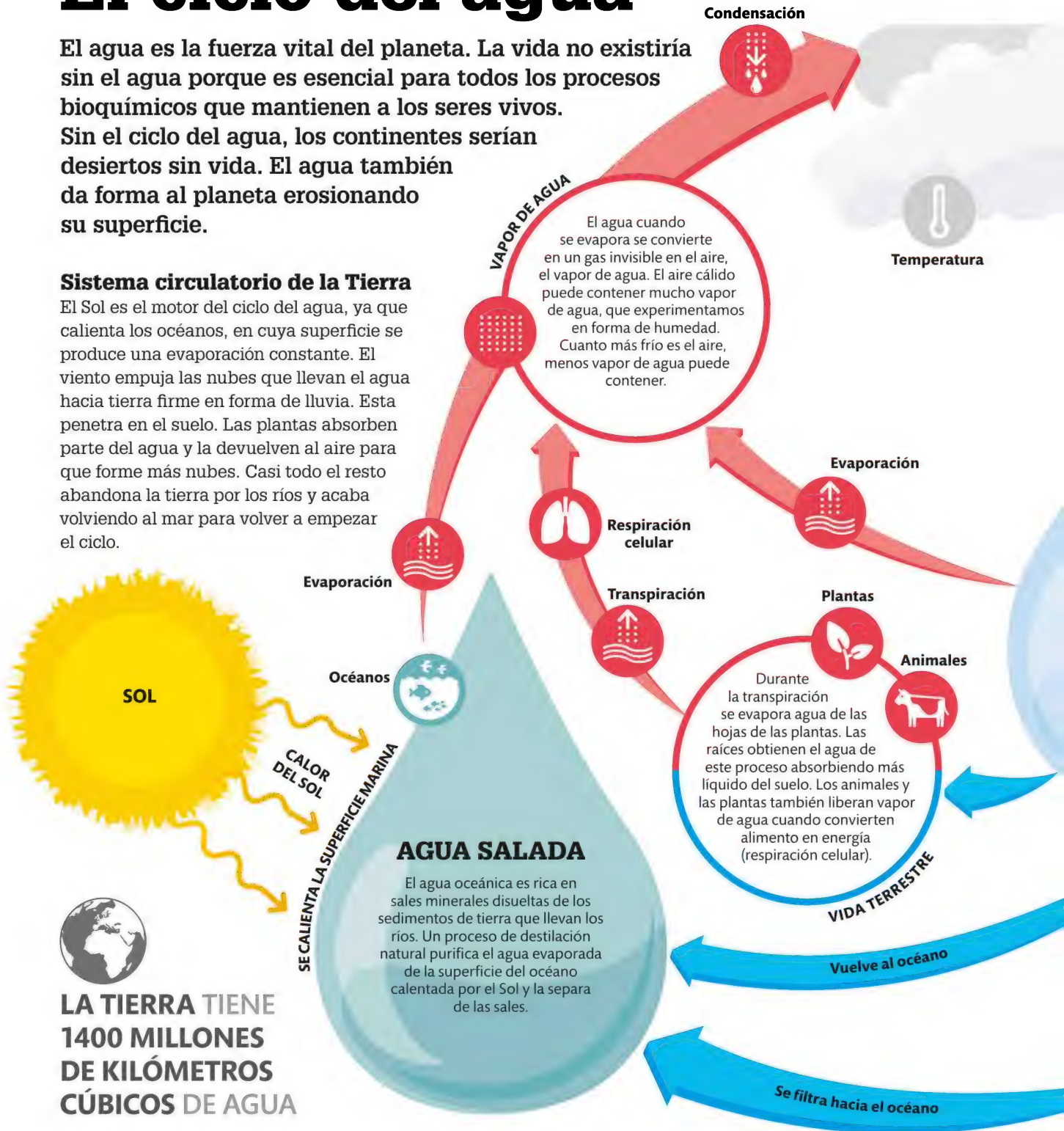
El ciclo del agua

El agua es la fuerza vital del planeta. La vida no existiría sin el agua porque es esencial para todos los procesos bioquímicos que mantienen a los seres vivos.

Sin el ciclo del agua, los continentes serían desiertos sin vida. El agua también da forma al planeta erosionando su superficie.

Sistema circulatorio de la Tierra

El Sol es el motor del ciclo del agua, ya que calienta los océanos, en cuya superficie se produce una evaporación constante. El viento empuja las nubes que llevan el agua hacia tierra firme en forma de lluvia. Esta penetra en el suelo. Las plantas absorben parte del agua y la devuelven al aire para que forme más nubes. Casi todo el resto abandona la tierra por los ríos y acaba volviendo al mar para volver a empezar el ciclo.



LA TIERRA TIENE
1400 MILLONES
DE KILÓMETROS
CÚBICOS DE AGUA



NUBES

El aire cálido ascendente que transporta el vapor de agua se enfría a mayores alturas, lo que provoca que el vapor se condense en microscópicas gotas de agua y cristales de hielo, visibles en forma de nubes que pueden cubrir enormes distancias según el viento.



Altura



Vientos



Ríos



Lagos

AGUA DULCE

La precipitación que queda en la superficie del suelo y la nieve fundida se conoce como escorrentía superficial y acaba en ríos y lagos, y más tarde de nuevo en el océano. La lluvia reacciona con el dióxido de carbono del aire y forma el ácido carbónico que erosiona las rocas y descompone los minerales disueltos en el agua.



HAY ZONAS DE LA CAPA DE HIELO ANTÁRTICA CON MÁS DE 2,5 MILLONES DE AÑOS

PRECIPITACIÓN

Al enfriarse una nube, sus gotitas y cristales de hielo crecen y se combinan para formar gotas de lluvia o copos de nieve más grandes, tan pesados que caen de la nube. Los copos de nieve suelen agruparse y formar masas más grandes y esponjosas.

Nieve



Lluvia



Escorrentía superficial

Fusión



Escorrentía superficial

Se filtra bajo tierra

HIELO

En los climas fríos la nieve no se funde, sino que se acumula y se comprime bajo el peso de más nieve para convertirse en hielo. En las montañas, el hielo baja lentamente por los glaciares y acaba fundiéndose, pero las capas de hielo polar quizá nunca se fundan. Con el paso de miles de años los glaciares crean profundos valles.

Glaciares



¿DÓNDE ESTÁ EL AGUA?

Los océanos cubren dos tercios del planeta y contienen el 97,5% del agua del mundo. Tan solo el 2,5% de toda el agua es dulce y la mayoría está atrapada en forma de hielo en las regiones polares y en montañas elevadas, u oculta a mucha profundidad bajo tierra. Solo una pequeña fracción forma ríos y lagos.

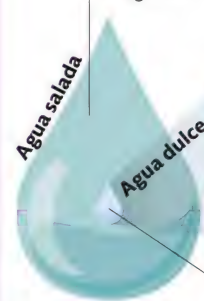
Los océanos contienen el 97,5% del agua del mundo

Solo el 0,3% del agua dulce es líquida y está en la superficie

En glaciares, nieve y casquetes polares hay el 68,9% del agua dulce

El 30,8% del agua dulce es subterránea

El resto del agua del planeta es agua dulce



TODA EL AGUA DE LA TIERRA

La lluvia y la nieve fundida se filtran bajo la superficie. En los niveles inferiores la roca queda saturada y forma acuíferos, o depósitos subterráneos. Puede que la piedra caliza se disuelva y aparezcan cuevas. El agua subterránea se filtra hasta llegar al océano.

Cuevas



AGUA SUBTERRÁNEA

El efecto invernadero

La vida depende del efecto invernadero, la forma en que algunos gases de la atmósfera absorben parte de la radiación infrarroja que emite la superficie de la Tierra. Igual que los cristales de un invernadero, estos gases retienen el calor.

1 Radiación entrante

La energía radiada por el Sol llega en forma de radiación lumínica y ultravioleta, además de infrarroja y otras longitudes de onda.

Equilibrio energético del planeta

Históricamente el efecto invernadero ha sido algo bueno: sin la manta que supone la atmósfera, la temperatura media de la Tierra sería de unos -18°C . Sin embargo, aunque es esencial que se conserve parte de la energía térmica de la Tierra, si la radiación que entra supera por mucho la que sale, sube la temperatura global.

2 Radiación reflejada

Parte de la energía solar, especialmente determinadas longitudes de onda, se refleja hacia el espacio. Las nubes son responsables de gran parte de la reflexión, pero los gases de la atmósfera y la superficie terrestre también reflejan algo de radiación.

RADIACIÓN DEL SOL

REFLEJADA POR LA ATMÓSFERA

REFLEJADA POR LAS NUBES

REFLEJADA POR LA TIERRA Y LOS OCÉANOS

EMITIDA POR LA TIERRA Y LOS OCÉANOS

EMITIDA POR LAS NUBES

EMITIDA POR LA ATMÓSFERA

ABSORBIDA POR LA TIERRA Y EL OCÉANO

ABSORBIDA POR LAS NUBES

ABSORBIDA POR LA ATMÓSFERA

LÍMITE DE LA ATMÓSFERA

3 Absorción de la energía solar

Se absorbe gran parte de la energía del Sol que llega a la superficie terrestre, ya sea luz visible o ultravioleta, y calienta el planeta.

4

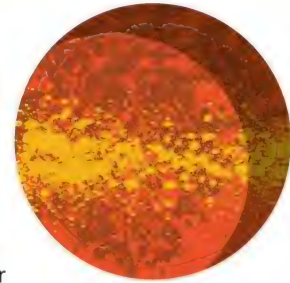
Radiación de calidez

Un planeta cálido emite radiación, pero a longitudes de onda mucho más largas (infrarrojos). La radiación infrarroja es esencialmente calor radiado.



EL EFECTO INVERNADERO EN OTROS PLANETAS

Venus tiene un efecto invernadero mucho más potente que la Tierra: su espesa atmósfera de dióxido de carbono retiene casi toda la energía solar que llega a la superficie y su temperatura es capaz de fundir el plomo. En cambio, Titán, la mayor luna de Saturno, tiene un efecto antiinvernadero creado por una espesa niebla naranja que bloquea el 90 % de la luz solar. Este mismo efecto, pero mucho más suave, puede aparecer en la Tierra por el gas y el polvo emitidos por volcanes.



VENUS

GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA ATMÓSFERA EN 2013 (EN PARTES POR MILLÓN, O PPM)

¿Quién tiene la culpa?

Los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre son vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y ozono, cuya estructura molecular les permite absorber la energía de la radiación infrarroja, calentarse y volver a emitir la radiación para mantener templado el planeta. Algunos gases absorben mejor el calor que otros por la manera en que sus moléculas interactúan con la radiación térmica. Es decir, algunos gases, aunque la atmósfera contenga poca cantidad, provocan un efecto invernadero más potente que otros.

395 PPM
No es muy potente, pero su nivel es tan alto que su efecto de calentamiento es grave

Dióxido de carbono (CO_2)

0,000080 PPM
Un gas de efecto invernadero artificial extremadamente potente

1,8 PPM
Potente, aunque sus niveles permanecen relativamente bajos

Óxido nitroso (N_2O)
Metano (CH_4)

0,00007 PPM
Un gas de efecto invernadero artificial de potencia leve

Gases artificiales
Tetrafluoro de carbono (CF_4)
Tetrafluoroetileno (CF_2FCF_3)
Triclorofluorometano (CCl_3F)

0,325 PPM
Muy potente, aunque sus niveles permanecen relativamente bajos

0,000235 PPM
Un potente gas de efecto invernadero artificial

5 Escape de radiación
Gran parte de la radiación absorbida y reemitida por la atmósfera, las nubes y la superficie terrestre escapa hacia el espacio.

¿ALGUNA VEZ HIZO MÁS CALOR EN LA TIERRA QUE EN LA ACTUALIDAD?

Cerca del final de la era mesozoica (la época de los dinosaurios), la Tierra estaba tan caliente que en verano los polos no conservaban el hielo y el nivel del mar era 170 m superior al actual.

6 Reemisión hacia abajo
Los gases de efecto invernadero atrapan parte de la energía infrarroja reemitida por la Tierra. Los gases se calientan, radian el calor de nuevo hacia la superficie y sube la temperatura global.

REMITIDA DE VUELTA POR LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO

Cambio climático

El clima cambia constantemente de manera natural. Se trata de cambios lentos, a lo largo de miles o millones de años. No obstante, vivimos un período de rápido cambio climático, causado por la contaminación de la atmósfera con gases que aumentan el efecto invernadero (pp. 244-245).

¿CUÁNTO PODRÍA SUBIR EL MAR?

Si la capa de hielo polar se funde, el nivel del mar podría subir hasta 25 m e inundar ciudades costeras como Barcelona, Londres, Nueva York, Tokio y Shanghái.

¿Qué está pasando?

El mundo cada vez es más cálido. La temperatura sube desde, como mínimo, 1910; 16 de los 17 años más cálidos que se han registrado se han producido después de 2001. Mientras tanto, el análisis de la atmósfera desde 1958 muestra un aumento constante de dióxido de carbono (CO_2), el más importante de los gases de efecto invernadero. Este CO_2 adicional es producto de nuestro estilo de vida moderno, ávido de energía.

Al alza

Registramos la temperatura global del aire desde finales del siglo XIX. Desde entonces, ha habido subidas y bajadas, pero la tendencia es al alza. Coincide especialmente con el CO_2 atmosférico.

CO_2 de la deforestación y la descomposición

LEYENDA

Se registra la temperatura media desde 1880. Los niveles históricos de CO_2 se determinan analizando anillos de los árboles y testigos de hielo.

- Temperatura global media de la superficie
- Niveles de CO_2 atmosféricos
- Datos previstos

Las temperaturas bajaron de manera natural a finales del siglo XIX

En 1880 la industria ya había hecho aumentar los niveles de CO_2 gracias al consumo de carbón

Más gases de efecto invernadero

La principal fuente de CO_2 son los combustibles fósiles, como el carbón o el petróleo. También producimos otros gases de efecto invernadero: metano y óxido nítrico, liberados por la agricultura moderna, y gases F artificiales, usados en aerosoles y sistemas de refrigeración.

Gases F (gases artificiales con flúor)

71 %
Dióxido de carbono (CO_2)
derivado del consumo de combustibles fósiles

2 %

21 %
Metano (CH_4)

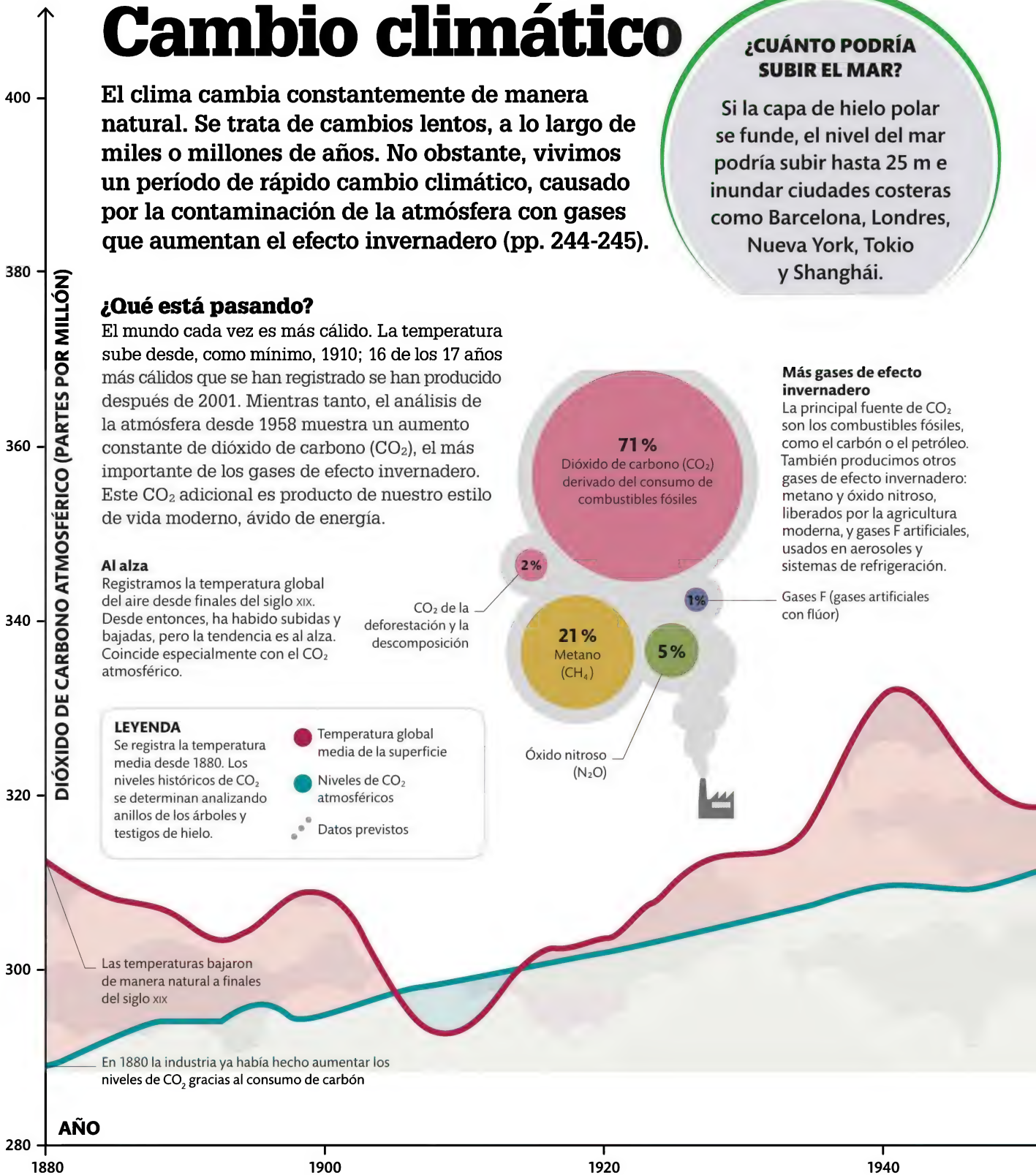
5 %

Óxido nítrico (N_2O)



DIÓXIDO DE CARBONO ATMOSFÉRICO (PARTES POR MILLÓN)

AÑO





Círculos viciosos

Si la temperatura sigue subiendo podría provocar un efecto dominó que empeoraría la situación. Por ejemplo, con la deforestación de las selvas tropicales se pierden árboles que procesan el CO₂ de la atmósfera. Los mayores niveles de CO₂ atmosférico contribuyen al calentamiento global y alteran los sistemas de circulación atmosférica, lo que provoca sequías prolongadas y más pérdida de selva tropical. Otros efectos implican la liberación del metano del lecho marino y la fusión del hielo del Ártico.



LIBERACIÓN DEL METANO DEL LECHO MARINO



FUSIÓN DEL HIELO DEL ÁRTICO



2016: EL AÑO MÁS CÁLIDO REGISTRADO

El aumento del CO₂ coincide con el aumento de la temperatura global

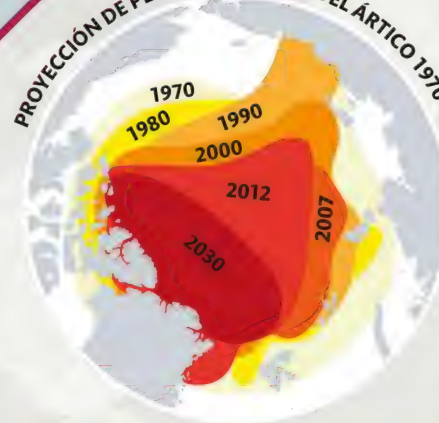
Impacto global

El hielo polar se funde rápidamente. En marzo de 2017, el hielo marino invernal del Ártico llegó a su mínimo histórico. El agua que se funde del hielo glaciar llega a los océanos y hace subir el nivel del mar. Mientras tanto, los océanos, cada vez más calientes, desatan violentas tormentas y llevan a la extinción de los arrecifes tropicales de coral. En tierra, los desiertos crecen cada vez más.

En todas las situaciones previstas se espera que suban los niveles de CO₂ atmosféricos

En casi todas las situaciones previstas se espera que suba la temperatura global media de la superficie

PROYECCIÓN DE PÉRDIDA DE HIELO DEL ÁRTICO 1970-2030



TEMPERATURA GLOBAL MEDIA DE LA SUPERFICIE

Efectos adversos del calentamiento global



Las temperaturas más cálidas provocan tormentas violentas por la evaporación rápida del agua del mar.



Las inundaciones súbitas barren la tierra por el aumento de precipitaciones más intensas.



La sequía provoca problemas con los cultivos, hambruna, migraciones masivas y malestar político.

14,8 °C

14,6 °C

14,4 °C

14,2 °C

14,0 °C

13,8 °C

13,6 °C

13,4 °C

1960

1980

2000

2020

Índice

Los números en **negrita** remiten a las entradas principales.

A

aceite

de oliva 17

productos derivados del 67, 68

aceleración **122-3**, 128, 139

aceleradores de partículas 21, **32-3**

acero 47

acero inoxidable 47

ácido carbónico 175

ácido sulfúrico 66

ácidos **58-9**

ácidos nucleicos 51

actroides 98

adenina 158

adherencia 127

ADN

ácidos nucleicos 51

células 156, 157

como polímero natural 68

efectos epigenéticos 163

evolución 166

genes 158-9

genomas 178-9

ingeniería genética 180-1

nanorrobots 97

prueba de 79

radiación y 36

replicación 176, 177, 186

reproducción 160-1

terapia genética 182-3

vida 150, 151, 165

virus 154, 155

ADN basura 178

ADN intergénico 178

aerodinámica **132-3**

aeronave **132-3**

agua 13, 16-7, 38, **56-7**

ciclo del agua **242-3**

como disolvente 62-3

distribución en la Tierra 243

en el espacio 217

hidroelectricidad 86-7

agua (*continuación*)

hidrógeno 48, 49

en Marte 219

océanos 232-3

plantas 168-9

puntos de ebullición y de

congelación 116-7, 130

vapor 52, 240, 245

y vida 164, 165, 212

agua dulce 243

agua salada 242

agua subterránea 243

agujeros de gusano 144

agujeros negros 191, **198-9**, 211

en colisión 144-5

y destino del universo 208, 209

estelares 144, 198

ondas gravitatorias 144

primordial 198

supermasivos 144, 198, 201

AI *ver* inteligencia artificial

airbags 121

aire **52-3**

atmósfera terrestre 234-5

calentar 118

ciclo del carbono 174-5

circulación en el espacio 217

comprimido 135

corrientes 240

densidad 133

destilación fraccionada 67

invisibilidad 19

meteorología 236-7

presión 130, 132, 237

resistencia 136, 138-9

aislamientos/aislantes 80, 81, 88, 119

álcalis 59

aleaciones 47

algas 87

álgebra booleana 90

alimento

en el espacio 217

en Marte 219

plantas 168-9

almidón 169, 170

alótropos 51

altitud 130, 133

altura y genética 163

aluminio transparente 71

aminoácidos 159, 164

amoníaco 53, 62, 64, 67, 164

amplitud 102, 114

Andes 224

anillos de los árboles 170

anillos de Saturno 195

animales

células 157

modificados genéticamente (MG)

181

reino animal 152-3

reproducción 160-1

respiración celular 172-3

vida 150-1

ánodos 48, 49

Antártida 243

anticiclones 236-7

anticuerpos 155

antimateria 26

antioxidantes 176

antipartículas 26

años luz 204

aparato de Golgi 156

árbol de la vida 152-3

arcoíris 106, 109

argón 52, 234

ARN 154, 155, 158, 159, 165, 180

Arquímedes 134

arrastré 109, 126, 127, 133

arrecifes de coral 247

asténósfera 222, 223, 224

asteroides 194, 196, 197

astronautas 214, **216-9**

astronomía **210-1**

atmósfera

aire 52-3

efecto invernadero 244-7

línea de Kármán 133

Marte 219

meteorología 236-7

Tierra 52-3, 164, 217, 222, 223,

234-5

y vida 212

átomos 12, **24-5**

calor 116-17, 118

de carbono 50-1

carga eléctrica 40-1, 78

cristales 60

elementos 34-5

átomos (*continuación*)

energía nuclear 36-7

enlaces 12-3

estructura 24-5

gases 18-9

láseres 110

líquidos 16-7

materia visible 206

moléculas e iones 40-1

partículas subatómicas 26-7

primeros 203

reacciones químicas 42-5

sólidos 14-5

aurora boreal 20

automatización **98-9**

automóviles

autónomos 99

convertidores catalíticos 65

impulsados por hidrógeno 48-9

auxina 170, 171

aves 153

azúcares 164, 165, 168, 169

azucarización 87

B

bacterias

células 157

ingeniería genética 180

vida 150

bambú 171

banda de conducción 88

banda de valencia 88

bandas prohibidas 88

barcos 134-5

bariones 27

bases **58-9**, 158, 159, 179

basura espacial 197

benceno 50, 53

Bhopal (la India) 44

bicicletas 124-5

Big Bang 32, **202-3**

creación de hidrógeno y helio 191

ondas gravitatorias 144

posibilidad de un nuevo 208

pruebas a favor 203

y universo en expansión 204, 207

biocombustibles 87

biomasa 169

biomimetismo 72
 biomoléculas 51, 242
 bioplásticos 68
bits 93
 cuánticos (*cúbits*) 101
 blastocitos 185
 bombas electromagnéticas 21
 bosón de Higgs 32, 33, 209
 bosones 27
 brazo de Orión 200
 brea 16, 115
 bronce 47, 62
 brotes 170-1
buckybolas 96
bytes 93

C

CA (corriente alterna) 84
 cadenas moleculares 50
 cadenas tróficas 168
 caldo primigenio 164
 calor **116-7**
 latente 23, 117
 transferencia **118-9**
 calorías 77
 cambio climático **246-7**
 campo de Higgs 209
 campos de fuerza de la electricidad
 estática 79
 campos eléctricos 32
 campos magnéticos 32, 82-3
 de la Tierra 83, 223
 superconductores 21
 cáncer 155, 182, 218
 capa de ozono 210, 235
 capas electrónicas 40
 capilar, acción 57
 carbohidratos 51
 carbón 54
 carbono **50-1**, 191
 captura del carbono 175
 ciclo del carbono **174-5**
 y vida 51, 150, 151, 164
 carga eléctrica 40-1, 78
 cascos de RV 94-5
 catalasa 64
 catalizadores 49, **64-5**, 165
 catalizadores biológicos 65

cátodos 48, 49
 CC (corriente continua) 84
 celda de Downs 66
 célula de circulación de Ferrel 240-1
 célula de circulación de Hadley 240
 célula de circulación polar 240
 células 156-7
 células madre 184-5
 clonación terapéutica 187
 diversidad de 157
 división 150, 157, 186
 envejecimiento 176-7
 esperanza de vida 157
 genes 158-9, 162-3
 ojo 106-7
 de la piel 157
 reproducción 160-1
 respiración celular y energía 172-3
 sanguíneas 157, 185
 sexuales 163
 terapia genética 182-3
 vida 150-1, 164-5
 células madre **184-5**
 ética de extracción 184
 celulosa 150, 169
 centrales termoeléctricas 84-5
 centrifugar 39
 cerámicas **70-1**
 cerebro
 en el espacio 218
 inteligencia artificial 101
 nanotecnología 96
 visión 109, 113
 visión de los colores 106-7
 Ceres 197
 cesio 24, 45
 chispas 78, 80, 117
 y origen de la vida 164
 ciclones 236-7
 cielo, color del 53, 107
 ciencia, naturaleza de la **8-9**
 cinturón de asteroides 194, 197
 cinturón de Kuiper 197
 cinturones de radiación Van Allen 217
 circuitos **80-1**, 88
 integrados 90-1
 microchips 90-1
 paralelos 80
 en serie 80

citocinina 170, 171
 citoplasma 157, 158
 clasificación científica 152-3
 clima **240-1**
 efecto invernadero 244-7
 clonación **186-7**
 artificial 186-7
 terapéutica 187
 cloro 41, 66
 clorofila 168, 169
 cloroplastos 156, 157, 168
 cloruros 40-1
 cobre 47
 código genético 159
 códigos de barras 111
 códigos digitales 92
 códigos informáticos 92
 cohetes 122, 214
 coloides 39
 color **106-7**
 combustibles fósiles
 alternativas a los 86-7
 formación 174
 plásticos 68
 quema de 52, 174, 175, 246
 combustión 43, 54
 espontánea 54
 natural 174
 cometas 142, 194, 196, 197
 compresión 128, 129, 130
 compuestos 13, **38-9**
 iónicos 41
 condensación 23, 87
 condensados Bose-Einstein 13,
 21, 22
 conducción/conductores
 corrientes eléctricas 80-1
 metales 46-7
 semiconductores 88
 transferencia de calor 118
 congelamiento 22, 56, 57
 conos 106
 conservación de la energía 76
 continentes 222
 contracción de la longitud 140
 convección 118
 convertidores catalíticos 65
 corazón, en el espacio 217, 218
 cordilleras 225

corona 192
 corrientes
 aire 240
 eléctricas **80-1**, 84-5, 88-9
 oceánicas 232
 corrimiento al rojo 202, 204
 corteza continental 222, 223, 224-5
 corteza oceánica 222, 223, 224, 225,
 228, 232
 corteza terrestre 222, 223, 228, 229
 crecimiento 150
 reguladores 170-1
 cremas antiarrugas 176
 cristales **60-1**, 150
 ciclo de las rocas 230-1
 cristales de circión 230
 cristales líquidos 61
 solubilidad 63
 cristalización 230
 cromatografía 39
 cromósfera 192, 193
 cromosomas 162, 178
 envejecimiento 176-7
 cuánticos (*cúbits*), *bits* 101
 cuerpo humano
 agua en el 57
 en el espacio 218-9
 en el vacío 137
 cumulonimbos 238-9
 cúmulos de galaxias 201, 206-7
 cúmulos globulares 200
 cuñas 124
 curvatura del espacio 142, 144,
 199, 209

D

Darwin, Charles 167
 datos
 colección/análisis 8-9
 ordenadores 92-3
 deformación 127, 129
 deforestación 246, 247
 degeneración 176, 177
 densidad 134, 135
 agujeros negros 198-9
 aire 133
 fluidos 118
 líquidos 16, 131

densidad (*continuación*)
 metales 46, 47
 presión 130, 131
 deposición 23
 deriva continental 225
 derivados del petróleo 68
 descomposición 43
 desfibriladores 79
 desgaste 230, 231
 desierto de Lut 241
 desiertos 240, 241
 desintegración radiactiva 31, 37
 desplazamiento 134, 135
 distancia
 y gravedad 138
 y velocidad 122
 destilación 39
 destilación fraccionada 67
 detergentes biológicos 65
 deuterio 37
 diabetes 180, 184
 diamantes 14, 15, 51, 108, 118
 dígitos binarios (*bits*) 101
 dimensiones en la teoría de cuerdas 147
 dimensiones espaciales 147
 dimensiones visibles 147
 dinosaurios 153
 diodos 90, 91
 orgánicos de emisión de luz 97
 dióxido de carbono 164
 aire 52
 atmósfera terrestre 234
 ciclo del carbono 174-5
 efecto invernadero 244-7
 plantas 168-9
 respiración celular 172-3
 dióxido de silicio 70
 dirección, cambio de 109
 discos de acreción 199, 201
 discos duros 92, 93
 disolventes **62-3**
 disolventes polares 62, 63
 dormir, en el espacio 216, 218
 dorsal mesoatlántica 224
 Drake, Frank 213
 dualidad onda-partícula **28-9**

E

eclipses solares 142
 Eddington, Arthur 142
 efecto Bernoulli 132
 efecto Coriolis 235
 efecto Doppler 115
 efecto fotoeléctrico 29
 efecto invernadero **244-5**, 246
 efecto Meissner 21
 efecto/zona Ricitos de oro 165, 212
 efectos epigenéticos 163
 Einstein, Albert 109, 138
 relatividad especial 140-1
 relatividad general 142-3, 144
 ejercicio, en el espacio 219
 ejes 124
 elasticidad 129
 electricidad
 estática **78-9**
 generar **84-5**
 plasma 20
 suministro 85
 superconductores 21
 electroimanes 21, 83
 electrólisis 49
 electrolitos 80-1
 electromagnetismo 140, 203
 electrones
 aceleradores de partículas 32, 33
 capas electrónicas 40
 carga 78
 circuitos 80-1
 compartir y transferir 41
 dualidad onda-partícula 28, 29
 elementos 34-5
 libres 81, 90
 materia 12, 13
 orbitales 24, 25, 40
 partículas subatómicas 26, 27
 plasma 20, 22, 23
 saltos cuánticos 30
 teoría de cuerdas 146
 transistores 88-9
 electrónica **88-9**
 componentes 91
 elementos **34-5**
 embriones
 células madre 184-5

embriones (*continuación*)
 clonación terapéutica 187
 fragmentación 186
 emisión estimulada 110, 111
 empuje 133
 enanas amarillas 192
 enanas blancas 191
 enanas marrones 191
 energía **76-7**
 de activación 44-5, 64
 acústica 76
 alternativa **86-7**
 catalizadores 64
 cinética 76, 77, 118, 120-1
 combustión 54
 conservación de la 76
 curvatura del espacio 142
 eléctrica 76
 formas de vida 172
 geotérmica 87
 hidrógeno 48-9
 y masa 141
 medir la 77
 nuclear 36-7, 76, 105
 nutrición 150, 151
 oscura 147, 201, **206-7**, 209
 potencial 76-7, 120-1
 química 76, 77
 radiante 76
 y reacciones 44-5
 y temperatura 117
 térmica 76, 116-7
 el Sol 193
 transferencia 116, 120
 transformar la materia 22-3
 enfermedad de Parkinson 184, 187
 enfermedades
 terapia con células madre 184-5
 terapia genética 182-3
 virus 154-5
 engranajes 125, 126
 enlaces
 atómicos 12-13, 38, 40, 42-3, 50-1
 covalentes 41, 50
 iónicos 41
 entorno
 y genes 162
 y plantas MG 181
 entrelazamiento cuántico 30

envejecimiento **176-7**
 retraso **177**
 enzimas 151, 158, 159
 catalizadores 64-5
 ingeniería genética 180-1
 época de Planck 203
 equilibrio dinámico 42-3
 equilibrio térmico 119
 era mesozoica 245
 erosión 230, 231
 erupciones volcánicas 229
 escala de magnitud de momento 227
 escala de Richter 227
 escala pH 59
 escáneres IRM 21, 83
 espacio **188-219**
 agujeros negros 198-9
 astronomía 210-1
 Big Bang 202-3
 dilatación del tiempo 140-1
 estrellas 190-1
 exploración robótica 99
 fin del universo 208-9
 galaxias 200-1
 materia oscura y energía oscura 206-7
 restos flotantes 196-7
 sistema solar 194-5
 Sol 192-3
 sonido en el 115
 tamaño del universo 204-7
 vacíos 136, 137
 viaje 218-9
 vida en 216-7
 vida extraterrestre 212-3
 vuelo espacial 214-5
 espaguetificación 199
 especies 152, 166-7
 apareamiento entre especies 160
 resucitar extintas 187
 espectro electromagnético 104-5, 211
 espectro visible 106
 espectroscopia 211
 espejismos 108
 espejos **108-9**
 esperanza de vida, alargar 177
 espermatozoides 161
 genes 162-3

espuma metálica 73
 Estación Espacial Internacional (ISS)
 196, 216
 estaciones **240-1**
 estaciones monzónicas 241
 estados de la materia *ver* materia
 estelas 109
 estereoscopia 94
 estiramiento 128, 129
 estratosfera 133, 235, 238
 estratovolcán 229
 Estrella Polar 241
 estrellas 20, **190-1**
 agujeros negros 198-9
 cúmulos de estrellas 200
 formación de 202
 de neutrones 83, 144, 191, 211
 reciclaje estelar 191
 de «secuencia principal» 190
 supergigantes 191
 vida y muerte 190-1, 198
ver también galaxias
 estructuras moleculares en anillo 50
 etano 50
 etanol 87
Euglena 151
 Europa 194
 evaporación 23
 ciclo del agua 242
 evolución 152, 153, **166-7**
 excreción 150, 151
 exoplanetas 212-13
 exósfera 234
 expansión 56, 57, 116
 experimento de la doble ranura 28-9
 experimentos 8, 9
 explosiones 55
 explosiones sónicas 115
 extinción 247
 invertir 187
 eyecciones de masa coronal 193

F

fase ondas 29, 47, 112
 fecundación 161, 162, 163
 fermentación 87
 Fermi, Enrico 213
 fermiones 26, 27

fibra de vidrio 72
 fibras ópticas 112
 fibrosis quística 182-3
 filtración 38
 física, leyes de la 203
 fisión binaria 160
 fisión nuclear 55
 fisuras, volcanes 228, 229
 flores 170, 171
 florigeno 171
 flotabilidad **134-5**
 flotar 134
 flujo de líquido 17
 flúor 25
 forma
 gases 18
 líquidos 16
 sólidos 14
 fosa de las Marianas 224, 232
 fosas oceánicas 224, 226, 232
 fosfolípidos 165
 fósforo 169
 fosilización 174
 fotocopiadoras 79
 fotones 29, 30, 33, 110-11, 192, 193
 fotosfera 192, 193
 fotosíntesis 151, 157, **168-9**, 171,
 172, 173
 ciclo del carbono 174-5
 frecuencia 102, 115
 frentes meteorológicos 236-7
 fricción **126-7**
 electricidad estática 78
 de superficies 126-7
 fuego **54-5**
 en el espacio 216
 hacer fuego mediante fricción 127
 fuegos artificiales 43
 fuerza electromagnética 27
 fuerza g 138
 fuerza nuclear, fuerte y débil 203
 fuerzas **120-1**
 Big Bang 203
 elásticas 129
 flotabilidad 134-5
 fricción 126-7
 fundamentales 27
 gravedad 138-9
 magnéticas 82, **82-3**

fuerzas (*continuación*)
 máquinas 124-5
 presión 130-1
 restauradoras 128-9
 resultantes 121
 velocidad y aceleración 122-3
 vuelo 132-3
 fulguraciones solares 193
 fullerenos 51
 fusión 22
 fusión nuclear 37, 55
 estrellas 190, 191
 Sol 192, 193

G

galaxia Enana de Sagitario 201
 galaxias **200-1**, 204, 209
 activas 201
 colisión 201, 208
 creación de 202, 203, 210
 elípticas 200, 201
 espirales 200, 201, 210
 irregulares 200
 lenticulares 200
 Ganimedes 194
 gas de cloro 19
 gases 12, 13, **18-9**
 aire 52-3
 atmósfera terrestre 234-5
 comprimidos 18
 de efecto invernadero 49, 175, 246
 F 246
 presión 130
 reacciones 45
 supercalentados 20
 transformar la materia 22-3
 gato de Schrödinger 31
 gemelos
 idénticos 186
 y viaje espacial 216
 generadores eléctricos 84-5, 86, 87
 genes **158-9**
 células 157
 envejecimiento 176-7
 herencia 162-3
 mutaciones 167
 reproducción 160-1
 vida 150

genes suicidas 183
 genoma humano 178
 genomas **178-9**
 geodesia 142
 germinación 170
 giberelina 170, 171
 glaciares 231, 243, 247
 globos de aire caliente 132
 glóbulos blancos 157
 glucosa 150, 169, 172
 gluones 12, 26
 grafeno 73, 96
 grafito 51
 Gran Colisionador de Hadrones 33
 gran muralla Sloan 201
 granizo 236, 239
 gravedad 27, **138-9**, 203, 234
 agujeros negros 198, 199
 cuántica 146
 y energía y materia oscura 206,
 207, 209
 y movimiento parabólico 120-1
 puntos de Lagrange 215
 relatividad general 142-3
 Tierra 214, 215
 vuelo espacial 214-5
 gravitones 26
 Grupo Local 201
 grupos naturales 153
 grupos no naturales 153

H

hadrones 27
 helicópteros 124, 133
 helio 24-5, 132, 191
 líquido 21
 herencia **162-3**
 y terapia genética 183
 herrumbre 47
 hexano 62
 híbridos 160
 hidráulica 131
 hidrocarburos 48, 50
 hidroelectricidad 86-7
 hidrógeno 34, 35, **48-9**, 132, 191
 ácidos 58
 agua 56
 hidrocarburos 50

hielo 56, 243
 fusión polar 247
 hierro 191
 Himalaya 225
 hipótesis 8, 9
 hojas 168-9, 170, 171
 hondas 215
 horizonte de partículas 204
 horizontes de sucesos 199
 hormigón 72
 huellas dactilares 78
 huesos 72, 73
 en el espacio 217, 218, 219
 médula ósea 184, 185
 huracanes 236, 239

I
 imagen en falso color 211
 imanes 82-3
 impermeables, materiales 71, 73
 incendios forestales 54, 55
 inducción 84
 inercia 122, 143
 ingeniería genética **180-1**
 ingravidez 216
 inmortalidad 177
 insulina 180-1
 inteligencia artificial **100-1**
 intercambio de gases 173
 interferencia de ondas 29, 112
 internet 92-3
 inundaciones 247
 invertebrados 153
 iones 13, **40-1**
 plasma 20
 ionización 23
 isótopos 34

J
 julio 77
 Júpiter 194-5, 197, 212, 215

K L
 Kevlar 73
 lanzadera espacial 122
 láseres **110-1**, 112, 145

latón 47
 lava 228-9, 230
 lavabos espaciales 216
 lente gravitacional 206-7
 lentes **108-9**, 112-3
 lentes convergentes (convexas) 109
 lentes divergentes (cóncavas) 109
 Leonardo da Vinci 124
 leptones 26, 27
 lesiones de la médula espinal 184-5
 leucemia 184
 ley de Avogadro 19
 ley de la inversa del cuadrado 103
 ley de Moore 89
 ley de Ohm 81
 leyes científicas 9
 LiDAR 99
 LIGO (Observatorio de Ondas
 Gravitatorias por Interferometría
 Láser) 144, 145
 ligres 160
 línea de Kármán 133
 línea Plimsoll 135
 líneas de falla 226-7
 lípidos 51
 liposomas 182, 183
 líquidos 12, **16-17**
 newtonianos 17
 no newtonianos 17
 presión 131
 reacciones 45
 transformar la materia 22-3
 lisosoma 157
 litificación 231
 litósfera 222, 223, 224-5
 lluvia 236-7, 240, 241, 243
 ácida **58**
 lógica 8
 longitud de Planck 146
 lubricación 126
 luces de neón 20
 Luna 234
 gravedad 214, 233
 mareas 233
 vuelo espacial 214-15
 lunas planetarias 194
 luz
 amplificación 111
 azul 53, 106-7

luz (*continuación*)
 blanca 106
 corrimiento al rojo 202
 curvatura del espacio 142, 143
 en el vacío 136, 141
 espectro electromagnético 104-5
 espejos y lentes 108-9
 fotosíntesis 168
 infrarroja 107, 210
 láseres 110-1
 observación del universo 210-1
 ondas 28, 53, 57, 60, 61, 102-3,
 109, 112
 óptica 112-3
 partículas 28-9
 polarizada 61
 reflejada 107, 108
 refractada 109
 roja 29, 106-7
 solar 193
 ultravioleta 29, 105, 107, 210
 velocidad de la 105, 140, 141
 verde 29, 106-7
 visible 53, 104, 210
 visión de los colores 106-7

M
 MACHO (objetos masivos de halo
 compacto) 206
 macroevolución 167
 magma
 ciclo de las rocas 230-1
 tectónica de placas 224-5
 volcanes 228-9
 magnesio 40
 magnetoestrellas 83
 magnificación 113
 maltasa 65
 mamíferos 153
 mamuts 187
 manchas solares 192, 193
 manglares 173
 manto terrestre 223, 224, 225, 228
 máquinas **124-5**
 aprendizaje de 101
 mareas 233
 Marte 194, 197
 colonización 219

Marte (*continuación*)
 vuelo espacial 214
 masa
 atómica 25, 34
 conservación de la 13
 y energía 141, 142
 y gravedad 138
 y movimiento 120-1
 y peso 139
 masa-energía 203, 206
 materia «bariónica» 206
 materia **12-3**, 206
 calor 117
 estados a altas y bajas
 temperaturas 13
 estados de la 12-3
 estados extraños 20-1
 estructura de la 12
 gases 18-9
 líquidos 16-7
 origen de 203
 oscura 32, 147, 200, 201, **206-7**
 particulado 52, 53
 sólidos 14-5
 transformar la 22-3
 materiales
 antibalas 71, 73
 compuestos 72
 diamagnéticos 83
 ferromagnéticos 83
 paramagnéticos 83
 plásticos 68-9
 vidrio y cerámicas 70-1
 medicina
 clonación terapéutica 187
 ingeniería genética 180, 181
 láseres 111
 nanotecnología 97
 robots 99
 terapia con células madre 184-5
 terapia genética 155, 177, 182-3
 medusas 177
 meiosis 161
 membranas 165
 memoria de acceso aleatorio (RAM)
 92
 mercurio (elemento) 47
 Mercurio (planeta) 194, 195
 mesones 27

mesosfera 133, 235
 metabolismo 51, 65, 151, 165, 173
 metabolismo basal 173
 metales **46-7**
 conducción 118
 tabla periódica 34-5
 metamorfismo 231
 metano 49, 164, 244, 245, 247
 meteoritos 196, 235
 meteoroides 196
 meteorología 234, 235, **236-7**
 extrema **238-9**
 método científico 8
 mezclas 13, **38-9**
 separar 38-9
 microbios
 ingeniería genética 181
 reproducción asexual 186
 microchips **90-1**
 microgravedad 216
 microondas 104
 microscopios 112-3
 miel 17
 Miller, Stanley 164
 minerales 230, 231
 cristales 60-1
 miniaturización 97
 mitocondrias 156, 157, 172
 mitosis 157
 módulo de Young 129
 mojabilidad 16
 moléculas 12, 13, **40-1**
 agua 56-7, 102, 233
 calor 116-17, 118
 de carbono 50
 gases 18-19
 gases de efecto invernadero 245
 líquidos 16, 17
 orgánicas 164-5
 reacciones químicas 43
 sólidos 14
 monómeros 68
 monóxido de carbono 53, 54
 montañas, formación de las 224-5,
 231
 Moore, Gordon 89
 motores
 de combustión interna 151
 eléctricos 48-9

motores (*continuación*)
 de pasos 99
 movimiento 150, 151
 fuerzas 120-1
 leyes del 122-3, 140
 parabólico 120-1
 relatividad especial 140-1
 resortes y péndulos 128-9
 mundo cuántico 25, **30-1**
 músculos, en el espacio (atrofia
 muscular) 218, 219

N

nanoescala 97
 nanorrobots 97
 nanotecnología **96-7**
 nanotubos 96
 nave espacial **214-5**
 nebulosas 190, 191, 200
 Neptuno 195, 197, 214, 215
 neumáticos 126-7
 neumonía 150
 neuronas 185
 neutrones 26, 27, 34
 Newton, Isaac 138, 142
 leyes del movimiento 122-3
 nieve 236, 237, 243
 nitrógeno 52, 67, 164, 169, 234
 nivel del mar 246
 nombres científicos 152
 nube de Oort 197
 nubes 235, 240, 241, 243
 meteorología 236-9
 nubes de ceniza 228
 nubes moleculares 190
 núcleo
 solar 192
 terrestre 222, 223
 nucleólo 156
 núcleos
 átomos 24
 células 156
 energía nuclear 36-7
 plasma 20
 nucleótidos 68
 números atómicos 25, 34
 nutrición 150, 151

O

observaciones científicas 8
 observatorio de rayos X Chandra
 211
 océanos 222, **232-3**
 acidificación 175
 calentamiento 247
 ciclo del agua 242-3
 energía 86
 intercambio aire-mar 175
 ondas 102, 103
 origen de la vida 164, 165
 tectónica de placas 224-5
 ojo humano 94, 95, 105, 109
 óptica 112, 113
 visión de los colores 106-7
 ollas a presión 130
 ondas **102-3**
 electromagnéticas **104-5**, 119
 gravitatorias **144-5**
 intensidad 103
 interferencias 112
 láseres 110-1
 longitudinales 102, 103
 de luz 28, 53, 57, 60, 61, 102-3,
 109, 112
 medir longitudes de onda 102
 olas del mar 102-3, 233
 y partículas 28-9
 presión 114, 115
 de radio 104, 105, 210, 211
 rompiendo 103
 sonido 102, 103, 105, 114-5
 de superficie 102
 transversales 102, 103
 visión de los colores 106-7
 óptica **112-3**
 órbitas
 agujeros negros 144-5
 moléculas de agua 233
 planetarias 195
 vuelo espacial 214-5
 ordenadores 88, **92-3**, 150
 inteligencia artificial 100-1
 ordenadores cuánticos 100, 101
 orgánulos 156
 oro 47
 oscilación 102-3, 104, 128-9, 145

oveja Dolly 187
 óvulos
 genes 162-3
 reproducción 160-1
 óxido nitroso 245
 óxidos 47
 oxígeno 19, 41, 164, 191
 agua 56
 aire 52
 atmósfera terrestre 234
 plantas 168-9
 respiración celular 172-3
 ozono 244, 245

P

palancas 125
 Pangea 225
 par motor 125
 parásitos 154
 partenogénesis 160
 partículas
 cristales 60, 61
 elementales 12, 146
 gases 18, 22
 leyes que gobiernan su
 interacción 203
 líquidos 16, 22
 y ondas 28-9
 s-partículas 147
 sólidos 14, 22
 teoría de cuerdas 146
 ver también partículas
 subatómicas
 partículas alfa 36
 partículas beta 36
 partículas subatómicas **26-7**
 aceleradores de partículas
 32-3
 mundo cuántico 30-1
 teoría de cuerdas 146
 péndulos **128-9**
 pentaquarks 32
 péptidos 165
 percepción, alterar la 94
 peso
 y densidad 135
 y masa 139
 en otros planetas 139

pez 134, 153
pilas 80
pilas de combustible 48-9
pinos longevos 176
piruvato 173
placas continentales 226
placas oceánicas 226
planetas
 efecto invernadero 245
 enanos 194, 195
 exoplanetas 212-3
 movimiento en torno al Sol 142-3
 peso en otros 139
 sistema solar 194-5
planos inclinados 125
plantas
 biocombustibles 87
 células 156-7
 crecimiento **170-1**
 efecto invernadero 245
 fotosíntesis **168-9**
 modificadas genéticamente (MG)
 181
 reproducción 160, 161
 reproducción asexual 186
 respiración celular 172, 173, 174,
 175, 242
 transpiración 242
 vida 150-1
plasma 13, 20
 Sol 20, 193
 transformar la materia 22-3
plásmidos 181
plásticos **68-9**
plataformas continentales 232, 233
plumas mantélicas 229
Plutón 195
poleas 124
polímeros 68-9
 naturales 68
 orgánicos 165
 reforzados 72
polinización 161
polos
 en movimiento 223
 magnéticos 82
 terrestres 83
polución
 aire 52-3

polución (*continuación*)
 cambio climático 246
 hogar 53
 plástico 69
positrones 26
potencia 77
potencial elástico 76
potencial eléctrico 76
potencial gravitacional 76, 77
precipitación 243
predicciones científicas 8, 9
presión **130-1**
 atmosférica 130
 de profundidad 130, 131
 gases 18-9, 130
 líquidos 131
 vuelo 132
principio de equivalencia 143
principio de incertidumbre 30
prismas 106
proceso de contacto 66
proceso de Haber 64, 67
programación de ordenadores 92
prominencias 193
protector solar 97
proteínas 51, 165
 construir 68, 156, 158, 176, 178
 forma y función 159
 plantas 169
 terapia genética 182, 183
protocolo de control de transmisión
 (TCP) 93
protoestrellas 190, 191
protones 24, 26, 27, 32, 34, 40, 146
Proyecto Genoma Humano 179
puertas lógicas 90-1
puestas de sol 53
pulmones 18, 172, 173
punto de convergencia 94
punto de saturación 63
puntos cuánticos 96, 97
puntos de Lagrange 215
puntos de repostaje 48

Q R

quarks 12, 26, 27, 32, 146
RA *ver* realidad aumentada
radar 99

radiación 36, 118, 119
 cósmica de fondo 203
 cósmica galáctica 217
 electromagnética 104-5
 en el espacio 217, 218
 infrarroja 104-5, 119, 244, 245
 ionizante 217
 de partículas solares 217
 reflejada 244-5
 solar 119, 193, 234, 244
 ultravioleta 210, 217
radiactividad **36-7**
radicales libres 36
radio digital 105
radiotelescopios 104, 210, 213
raíces 169, 170
ralentización 109, 128
rayos 20, 78, 79, 238
rayos gamma 36, 104, 211
rayos X 104, 105, 211
reacciones
 y energía **44-5**
 químicas 13, 38, **42-3**
reacciones ácido-base 59
reacciones de fisión 36
reacciones de fusión 37
reacciones en cadena 36
reacciones endotérmicas 44, 45
reacciones exotérmicas 44
reacciones irreversibles 42
reacciones químicas **42-3**, 55
 catalizadores 64-5
reacciones reversibles 43
reactores de fusión 37
realidad aumentada **95**
realidad virtual **94-5**
reciclaje
 estelar 191
 plástico 69
recombinación 23
reconocimiento de voz 100
redes 93
redes neuronales 101
refracción 106
regiones polares 241
 cambio climático 247
 casquetes polares 243
regiones templadas 241
reinos de la vida 152

rejuvenecimiento 177
relación de transmisión 125
relatividad especial **140-1**, 142, 216
relatividad general **142-3**, 144
repeticiones en tándem 179
replicadores 165
reproducción 150, **160-1**
 barreras para aparearse 160
reproducción asexual 160, 186
reproducción sexual 161
reproducción vegetativa 160
residuos
 excreción 150, 151
 plástico 69
resistencia de las corrientes eléctricas
 80, 81
resortes **128-9**
respiración celular 150, 151, **172-3**
 ciclo del carbono 174-5
retículo endoplásmico 154, 155,
 157
retina 106
Reunión 241
ribosomas 154, 155, 156
robots **98-9**
robots humanoides 98
roca
 ciclo de las rocas **230-1**
 cristales 60
 fecha 230
 formación de 174
 tectónica de placas 224-7
rocas ígneas 230-1
rocas metamórficas 230-1
rocas sedimentarias 225, 230-1
Rosen, Nathan 144
rozamiento, fuerza de **126-7**
ruedas 124
ruedas hidráulicas 80
RV *ver* realidad virtual

S

s-partículas 147
sacarosa 169
sal común (cloruro de sodio) 42, 66
sales 59
salud en el espacio 216, 217, 218-19
 salud mental, en el espacio 218

satélites 111, 215, 241
 navegación por GPS 143
 Saturno 195, 215, 245
 Schrödinger, Erwin 31
 selección natural 167
 selvas 240
 semiconductores 88, 90
 semidesintegración 37
 semillas 170
 sensibilidad 150
 sensores de experiencia de realidad
 virtual 95
 sequías 247
 servidores 93
 SETI (búsqueda de inteligencia
 extraterrestre) 213
 silicio 88-9, 90, 151
 singularidades 198-9
 síntesis 43
 síntesis aditiva 107
 síntesis sustractiva 107
 sismogramas 227
 sistema inmunitario 155, 218
 sistema solar **194-5**
 Vía Láctea 200
 vida 165
 sistemas de GPS 99, 143
 sobrefusión 22
 sodio 40-1, 66
 Sol **192-3**, 194-5
 ciclo del agua 242
 fotosíntesis 168
 fuente de energía 193
 gravedad 233
 movimiento planetario 142-3
 órbita terrestre 241
 radiación infrarroja 119
 soldadura por arco de plasma 20
 sólidos 12, **14-5**
 conducción 118
 reacciones 45
 transformar la materia 22-3
 sólidos amorfos 14, 15, 70, 71
 sólidos cristalinos 14, 15, 47, 70, 71
 sólidos dúctiles 15, 46-7
 sólidos frágiles 15, 70
 sólidos maleables 15, 46-7
 solubilidad 64
 soluciones 39, **62-3**

sonido **114-5**
 en el espacio 115
 ondas 102, 103, 105
 en el vacío 136
 Spencer, Herbert 147
 sublimación 22
 submarinos 135
 subtrópicos 240
 suelo 169
 supercélulas 239
 superconductores 20, 21
 supercúmulo de Virgo 201
 supercúmulos 201
 superfluidos 20, 21
 superfuerza 203
 supergigantes rojas 191
 supernovas 32, 190, 191, 198, 207,
 211
 superposición 31
 supervivencia del más adaptado 167
 suspensiones 39
 sustancias orgánicas 50
 sustancias químicas, fabricación
66-7
 sustentación 132, 133

T

tabla periódica **34-5**
 tabletas de chocolate 77
 tamaños atómicos 24
 tardígrados 137
 tectónica de placas **224-5**, 228,
 231, 232
 terremotos 226-7
 teleportación 30
 telepresencia 95
 telescopio espacial Kepler 213
 telescopio Fermi 211
 telescopio Hubble 210, 211
 telescopios 113
 telómeros 176, 177
 temperatura
 atmósfera terrestre 234-5
 calor 116-17
 clima 240, 241, 244, 245, 246-7
 y energía 117
 escalas 117
 gases 13, 18-9

temperatura (*continuación*)
 y reacciones 44, 45
 y vida 212
 tensión superficial 57
 teoría de cuerdas **146-7**
 teoría del Big Change 208, 209
 teoría del Big Chill 208
 teoría del Big Crunch 208
 teoría del Big Rip 209
 teorías 8, 9
 terapia genética 155, 177, 181,
182-3
 terapia genética germinal 183
 terapia genética somática 183
 termoelectrónica 69
 termoplásticos 68
 termos 136
 termosfera 133, 234
 terremotos **226-7**
 test de Turing 101
 tierras raras (metales) 35
 tiempo
 curvatura del espacio 142, 144,
 199, 209
 dilatación 140-1
 experiencia 216
 Tierra **220-47**
 y actividad solar 193
 atmósfera 234-5
 cambio climático 246-7
 ciclo de las rocas 230-1
 ciclo del agua 242-3
 clima y estaciones 240-1
 edad 165
 efecto invernadero 244-5
 estructura interna 222-3
 formación 222-3
 gravedad 214, 215
 magnetismo 83
 materia oscura 207
 meteorología 236-9
 océanos 232-3
 órbita 214-5
 radiación 217
 sistema solar 194
 tectónica de placas 224-5
 terremotos 226-7
 vida 164-5
 volcanes 228-9

tigres 162-3
 tilacoides 168, 169
 timina 158
 Titán 245
 tormentas 238-9, 247
 tornados 239
 tornillos 124
 tortugas de las Galápagos 166, 167
 tracción 126-7
 transferencia nuclear de células
 somáticas 187
 transformadores 85
 transistores 88-9, 90, 91
 transparencia 70, 71
 transpiración 242
 trasplante genético 181
 trasplantes de órganos 187
 trenes de levitación magnética 21,
 126
 tritio 37
 Tritón 214
 trópicos 240
 troposfera 133, 235, 240
 trueno 238
 tsunamis 226-7
 turbinas 84
 energía alternativa 86-7
 Turing, Alan 101
Turritopsis 177

U

último antepasado universal común
 152
 unidades centrales de
 procesamiento (CPU) 92
 universo
 aceleración de la expansión 206,
 207
 astronomía 210-1
 Big Bang 202-3
 expansión 202, 203, 204, 205, 209
 fin del 208-9
 forma del 205
 materia y energía oscura 206-7
 ondas gravitatorias 144-5
 tamaño 204-5
 teoría del todo 146
 vida 212-3

universo curvado negativamente 205
universo curvado positivamente 205
universo observable 204
universo plano 205
uracilo 158
uranio 36, 37
Urano 195, 215
Urey, Harold 164

V

vacíos 136-7, 141, 209
vacunación 155
vacuolas 157
valle inquietante 98
valles de rift 225
valles secos de McMurdo 241
vapor 87
variación genética 166-7
variedades de Calabi-Yau 147
vasos sanguíneos 172
vectores 182
vehículos
 impulsados por hidrógeno 48-9
 robóticos 98
vejigas natatorias 134
velocidad **122-3**, 140
 vuelo espacial 214
velocidad terminal 138-9
velocidades supersónicas 115
ventanas de doble vidrio 119
Venus 194, 245
vertebrados 153
vesículas 156, 157
Vía Láctea 194, 200, 206
vibración en la teoría de cuerdas
 146-7
vida **148-87**
 y agua 242
 células 156-7
 células madre 184-5

vida (*continuación*)
 clonación 186-7
 envejecimiento 176-7
 evolución 166-7
 extraterrestre **212-3**
 genes 158-9
 genomas 178-9
 herencia 162-3
 ingeniería genética 180-1
 moléculas con base de carbono
 51, 151
 orígenes 164-5
 plantas 168-71
 rasgos de los seres vivos 150-1
 reproducción 160-1
 respiración celular 172-3
 terapia genética 182-3
 tipos de seres vivos 152-3
 virus 154-5
vidrio **70-1**
viento
 corrientes oceánicas 232
 energía eólica 86
 olas 233
 Tierra 235, 236-7, 239, 243
viruela 155
virus **154-5**, 182
 buenos usos 155
viscosidad 16-7
visión binocular 94
visión de los colores 106-7
volcanes **228-9**
 de punto caliente 228, 229
 de rift 228
volcánica, actividad 164, 222, 224,
 225
 energía geotérmica 87
 polvo volcánico 245
voltaje 80, 81
volumen 114
gases 18-19

vórtices 127
Voyager 2 214, 215
vuelo **132-3**

W

WIMP (partículas masivas de
 interacción débil) 206
WMAP (sonda de anisotropía de
 microondas Wilkinson) 210

Y

yemas 160
yeso 60-1

Z

zeolitas 64
zona convectiva 192
zona de convergencia intertropical
 (ZCI) 240, 241
zona radiativa 192
zonas de empobrecimiento 89
zonas de subducción 224, 228, 229
zonas habitables 165, 212

Agradecimientos

DK agradece la colaboración de las siguientes personas:

Michael Parkin, por las ilustraciones; Suhel Ahmed y David Summers,
por su asistencia editorial; Briony Corbett, por su asistencia de diseño;
Helen Peters, por el índice; y Katie John, por la corrección.